NOVA

MAX

1|2 A

VWO|GYMNASIUM

NaSk



MALMBERG

NAAM EN KLAS:



1|2 VWO|GYMNASIUM Deel A

NaSk

Auteurs
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

Eindredactie
S. Michon

MAX Release 2021

www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuur- en scheikunde gaat over de wereld om je heen. Met Nova heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!



HOOFDSTUK 2 STOFFEN

1 Stoffen in huis

LEERDOELEN

2.1.1 Je kunt vier stofeigenschappen benoemen die gebruikt worden om stoffen te herkennen.
2.1.2 Je kunt stoffen herkennen aan hun stofeigenschappen.
2.1.3 Je kunt uitleggen in welke gevallen een stof gevaarlijk kan zijn.
2.1.4 Je kunt de betekenis van gevarensymbolen beschrijven.
EXTRA 2.1.5 Je kunt het verschil uitleggen tussen H- en P-zinnen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.1.4	2.1.5
Onthouden	1ab	2abcd			
Begrijpen		4abcd	3a	3b	8abc
Toepassen		5b, 6ab	7abc		9abcd
Analyseren		5a			

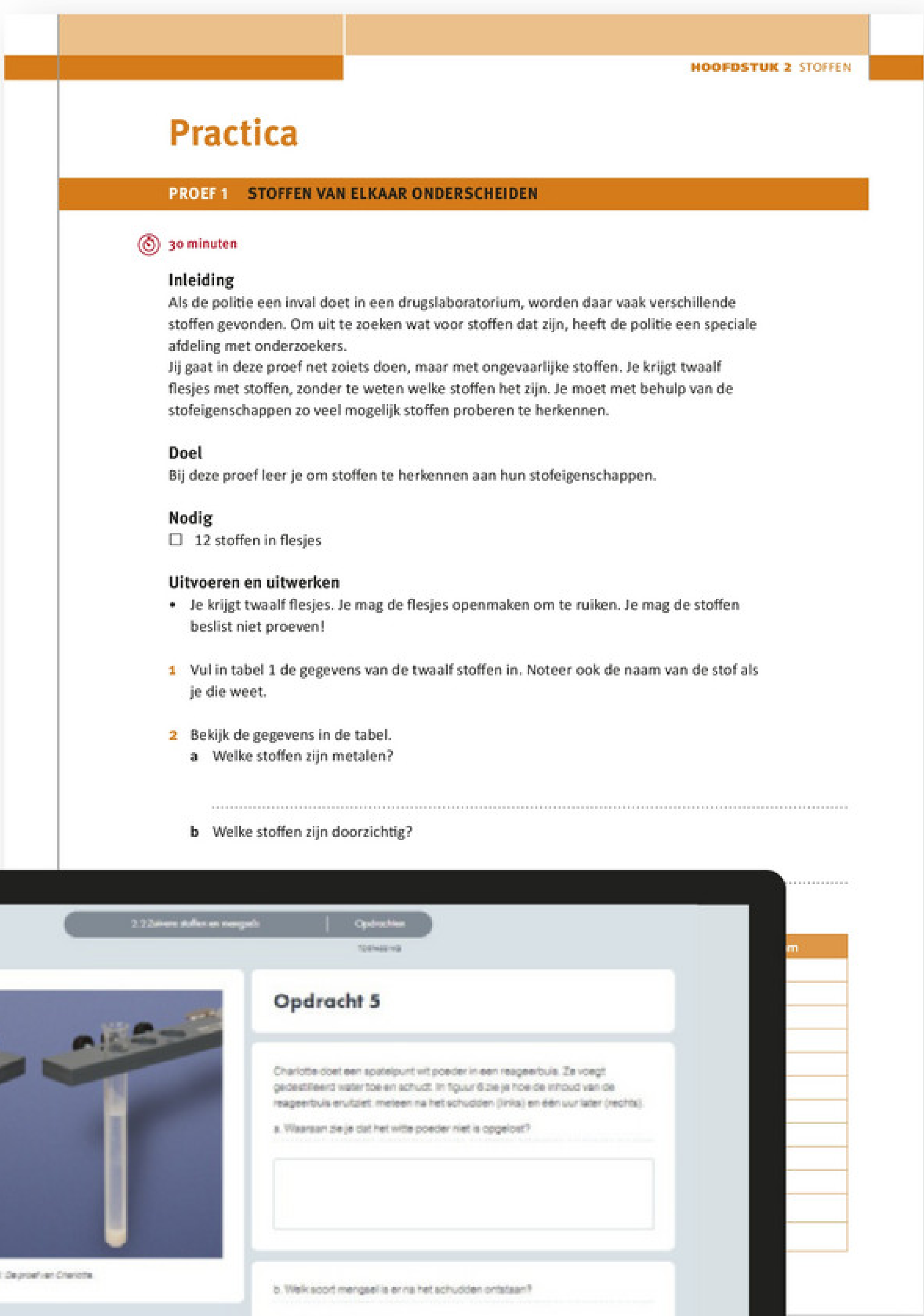
Overal in huis vind je flessen, potjes en blikken met stoffen. Kijk maar eens rond in de keuken, de badkamer, de garage, het medicijnkastje enzovoort. Je komt er stoffen tegen zoals keukenzout, suiker, azijn, spiritus, tandpasta, wasbenzine, motorolie, paracetamol, afwasmiddel enzovoort (figuur 1).

STOFFEN HERKENNEN

Sommige stoffen in huis lijken veel op elkaar. Je ziet dan niet meteen met welke stof je te maken hebt. Wasbenzine, water en alcohol zien er bijvoorbeeld precies hetzelfde uit. Het zijn alle drie heldere, kleurloze vloeistoffen.

figuur 1 Enkele stoffen die je thuis kunt tegenkomen.

Soms helpt het om aan de stoffen te ruiken. Veel stoffen hebben een kenmerkende geur waaraan je ze meteen herkent. Denk aan de geur van benzine of de geur van het chloorgas dat je in een zwembad ruikt.



HOOFDSTUK 2 STOFFEN

Practica

PROEF 1 STOFFEN VAN ELKAAR ONDERSCHEIDEN

30 minuten

Inleiding

Als de politie een inval doet in een drugslaboratorium, worden daar vaak verschillende stoffen gevonden. Om uit te zoeken wat voor stoffen dat zijn, heeft de politie een speciale afdeling met onderzoekers.
Jij gaat in deze proef net zoiets doen, maar met ongevaarlijke stoffen. Je krijgt twaalf flesjes met stoffen, zonder te weten welke stoffen het zijn. Je moet met behulp van de stofeigenschappen zo veel mogelijk stoffen proberen te herkennen.

Doel

Bij deze proef leer je om stoffen te herkennen aan hun stofeigenschappen.

Nodig

☐ 12 stoffen in flesjes

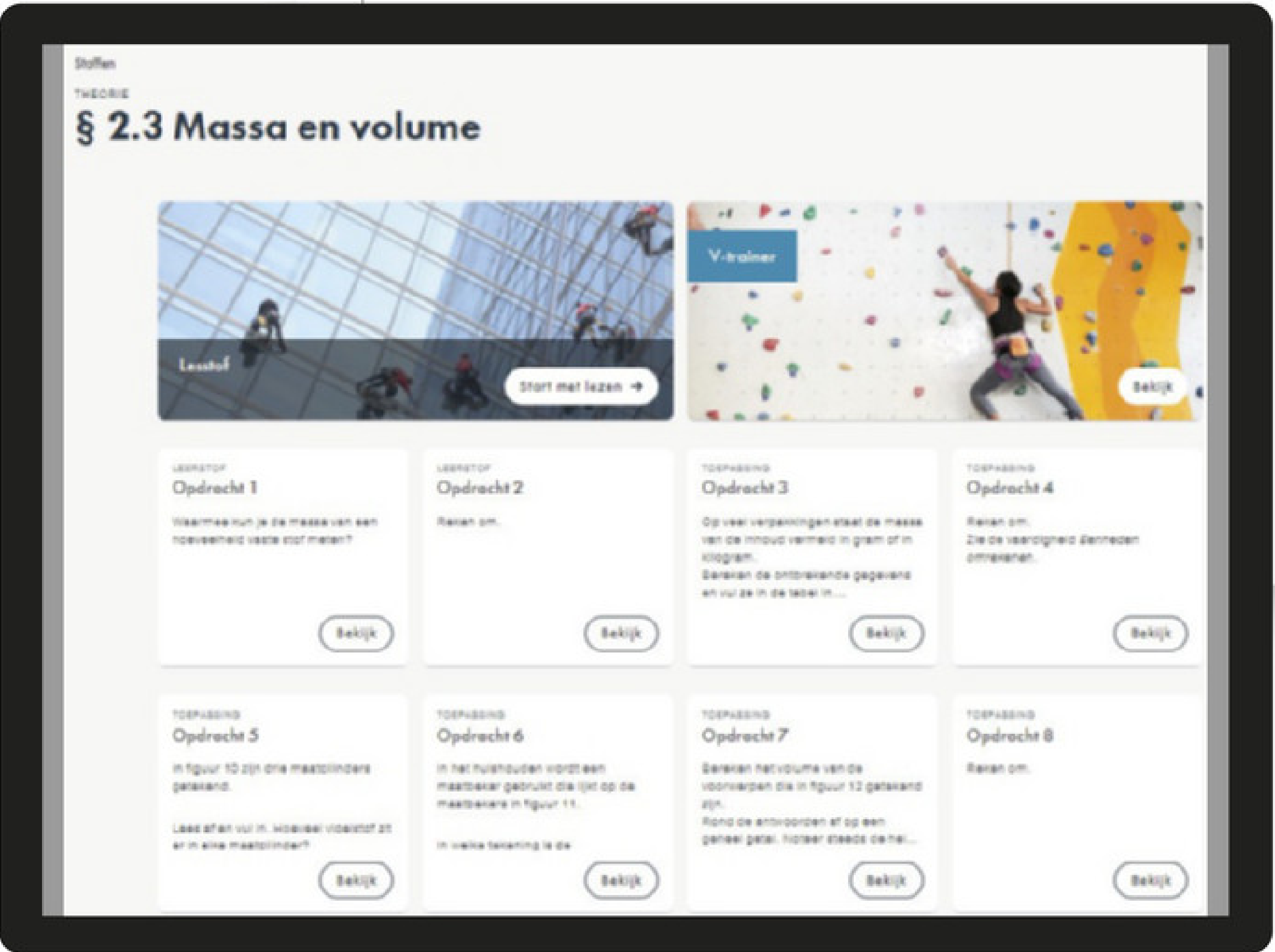
Uitvoeren en uitwerken

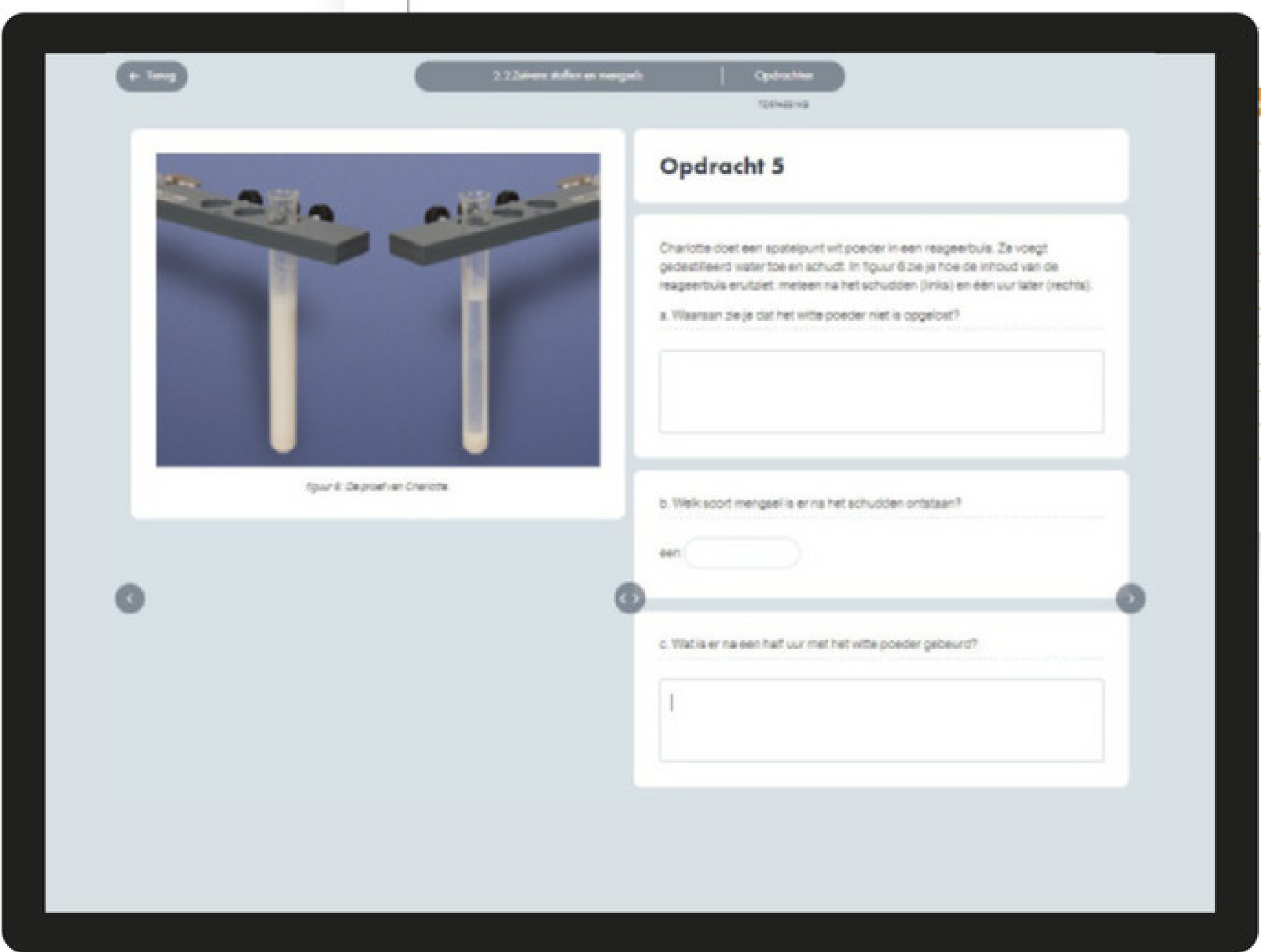
- Je krijgt twaalf flesjes. Je mag de flesjes openmaken om te ruiken. Je mag de stoffen beslist niet proeven!

1 Vul in tabel 1 de gegevens van de twaalf stoffen in. Noteer ook de naam van de stof als je die weet.

2 Bekijk de gegevens in de tabel.
a Welke stoffen zijn metalen?

b Welke stoffen zijn doorzichtig?





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in theorieparagrafen, practica, een praktijkartikel en een leerstofoverzicht. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren. Aan het einde van elke paragraaf staat extra stof. In het onderdeel practica ga je met proeven aan de slag en leer je onderzoeken. Aan het einde van elk hoofdstuk staat een praktijkartikel, waarin een deel van de lesstof in een situatie uit het dagelijks leven of de wetenschap wordt besproken. In de afsluiting vind je de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf*, *Oefentoets* of *Diagnostische toets*.
- Je kunt op een hoger of lager niveau en leerjaar werken.
- Je docent volgt hoe je het doet.

Vaardigheden

Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden, waarin de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen worden uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de Vaardigheidstrainer.

Goede voorbereiding op de toets!

In het boek vind je in de afsluiting van elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets.
Elk hoofdstuk wordt in de online paragraaf Afsluiting afgesloten met een *Samenvattende opdracht*. Hier vind je ook *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen en er is een *Diagnostische toets*. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan de *Test jezelf* of *Oefentoets*.



VAARDIGHEDEN

6 Werken met een brander

Bij het vak natuur- en scheikunde gebruik je af en toe een brander. Hieronder staat hoe je ermee moet werken.

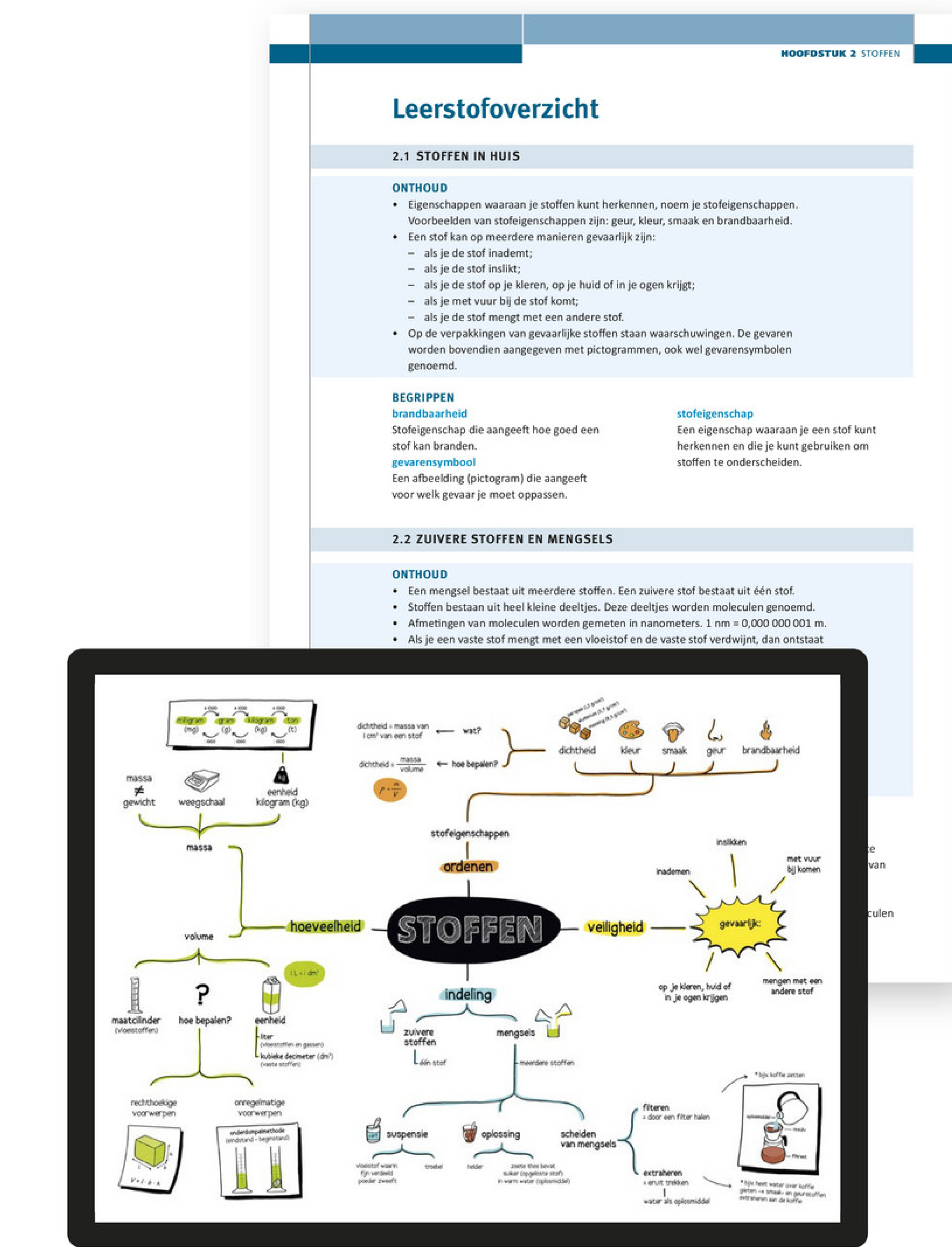
Veiligheid
- Houd je aan de veiligheidsregels die je docent met je heeft besproken.

Vooraf
- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de brander dicht zijn (figuur 6). Zo niet, draai ze dan dicht.

figuur 6 De onderdelen van een brander.

Aansteken
- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander.
- Draai de gasregelknop open.
- De brander brandt nu met een goed zichtbare, gele vlam.

Verwarmen



HOOFDSTUK 2 STOFFEN

Leerstofoverzicht

2.1 STOFFEN IN HUIS

ONTHOUD
- Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je stofeigenschappen. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn: geur, kleur, smaak en brandbaarheid.
- Een stof kan op meerdere manieren gevaarlijk zijn:
  - als je de stof inademt;
  - als je de stof inslikt;
  - als je de stof op je kleren, op je huid of in je ogen krijgt;
  - als je met vuur bij de stof komt;
  - als je de stof mengt met een andere stof.
- Op de verpakkingen van gevaarlijke stoffen staan waarschuwingen. De gevaren worden bovendien aangegeven met pictogrammen, ook wel gevarensymbolen genoemd.

BEGRIPPEN

brandbaarheid
Stofeigenschap die aangeeft hoe goed een stof kan branden.

gevarensymbool
Een afbeelding (pictogram) die aangeeft voor welk gevaar je moet oppassen.

stofeigenschap
Een eigenschap waaraan je een stof kunt herkennen en die je kunt gebruiken om stoffen te onderscheiden.

2.2 ZUIVERE STOFFEN EN MENGSELS

ONTHOUD
- Een mengsel bestaat uit meerdere stoffen. Een zuivere stof bestaat uit één stof.
- Stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes. Deze deeltjes worden moleculen genoemd.
- Afmetingen van moleculen worden gemeten in nanometers. 1 nm = 0,000 000 001 m.
- Als je een vaste stof mengt met een vloeistof en de vaste stof verdwijnt, dan ontstaat

Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

(symbool)	ga naar de online leeromgeving voor handige extra's
PROEF 1	er is een practicum bij deze lesstof
(symbool)	gebruik de vaardigheid bij deze opdracht
(symbool)	met dit practicum ben je zo lang bezig
(symbool)	deze opdracht biedt extra uitdaging

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

1 Natuurwetenschappen

ONTDEKKEN EN ONDERZOEKEN

Natuurkundigen en scheikundigen hebben allerlei ontdekkingen gedaan door onderzoek uit te voeren. Om een onderzoek uit te voeren moet je kunnen meten met meetinstrumenten. Zonder de ontdekkingen en onderzoeken van natuurkundigen en scheikundigen zouden we geen telefoons, medicijnen en ledlampen hebben.


Practicum
Het omzetten van
zonne-energie in

1 Een nieuw vak

LEERDOELEN

1.1.1 Je kunt beschrijven waar natuurwetenschappen over gaan.
1.1.2 Je kunt met voorbeelden het verschil tussen natuurkunde en scheikunde uitleggen.
1.1.3 Je kunt uitleggen hoe röntgenstraling gebruikt wordt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	1.1.1	1.1.2	1.1.3
Onthouden	1	2abc	3ab
Begrijpen		4, 5abcd, 7a	9abc
Toepassen		6, 7b	9d, 10
Analyseren		8	11

In de prehistorie kleedden mensen zich in berenvellen. Ze sliepen in holen en ze communiceerden met elkaar door middel van rooksignalen en de tamtam (tromgeroffel). Door natuurwetenschappen hebben wij tegenwoordig goede kleding, comfortabele huizen en moderne communicatieapparatuur zoals de telefoon en de computer.

WETENSCHAP

Natuurkunde is een **wetenschap**. Maar wat is een wetenschap eigenlijk? Wetenschap is het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in het dagelijks leven. Er zijn veel verschillende soorten wetenschappen, want je kunt op allerlei vakgebieden kennis opdoen. Het vak natuurkunde is een **natuurwetenschap**, net als **scheikunde** en **biologie**. In de natuurwetenschap wordt de natuur bestudeerd. Bij biologie bestudeer je de levende natuur, dus de wereld van planten, dieren en het menselijk lichaam. Bij natuurkunde en scheikunde bestudeer je de niet-levende natuur. Denk daarbij aan:

- het ontstaan van bliksem (figuur 1);
- het opwekken van elektriciteit met zonnepanelen (figuur 2);
- het smelten van kaarsvet;
- de remweg van een scooter;
- het roesten van een spijker (figuur 3).



figuur 1 Bliksem bij onweer.



figuur 2 Zonnepanelen op het dak van een huis.



figuur 3 Roestende spijkers.

Natuurwetenschappen houden zich ook bezig met natuurverschijnselen, zoals het weer, aardbevingen, vulkanen, zonsverduisteringen enzovoort.

WILHELM CONRAD RÖNTGEN

Natuurwetenschappers hebben grote bijdragen geleverd aan de huidige maatschappij. Een voorbeeld van zo'n natuurwetenschapper is Wilhelm Conrad Röntgen (figuur 4).



figuur 4 Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923).

In 1895 ontdekte de natuurkundige Röntgen een geheimzinnig soort stralen die onzichtbaar zijn en die dwars door papier en karton heen gaan. Röntgen ontdekte dat de botten in je lichaam een groot deel van deze stralen tegenhouden. De andere delen van je lichaam laten de straling bijna ongehinderd door.

Als er straling op je hand valt, ontstaat er achter je hand een soort schaduwbeeld. Achter de botten is veel schaduw, achter de spieren weinig (figuur 5). Röntgen ontdekte dat hij die schaduwbeelden kon fotograferen. Op die manier maakte hij de eerste **röntgenfoto's**. Op een röntgenfoto zijn de lichaamsdelen die veel röntgenstraling tegenhouden wit. Röntgenstraling is schadelijk voor je lichaam.



figuur 5 Röntgenfoto van handen.

VERANDERINGEN

Stoffen en voorwerpen kunnen veranderen. Als je een metalen staaf verhit, zet de staaf uit en wordt deze langer. Als de staaf afkoelt, krimpt deze weer en krijgt hij zijn oorspronkelijke lengte terug. De Eiffeltoren is op een hete zomerdag door uitzetting maar liefst 30 cm langer dan in de winter. Maar als het koud wordt, krimpt de Eiffeltoren weer. Deze veranderingen zijn dus tijdelijk.

Water ken je als een vloeistof. In nat wasgoed zit water. Als je de was te drogen hangt, verandert het water in waterdamp die uit de was ontsnapt. De was wordt droog. Als het vriest, verandert water in ijs (figuur 6). Vloeibaar water kan dus veranderen in waterdamp of in ijs. Dat soort veranderingen zijn veranderingen van toestand. Maar waterdamp en ijs kun je weer veranderen in vloeibaar water. Ook deze veranderingen zijn tijdelijk.

Stoffen kunnen ook op een andere manier veranderen. Als hout verbrandt, verandert het in houtskool, as en rook (figuur 7). Van houtskool, as en rook kun je geen hout meer maken. Het hout is voor altijd veranderd in andere stoffen. Deze verandering is blijvend.



figuur 6 Water verandert in ijs.



figuur 7 Hout verandert in houtskool, as en rook.

Bij scheikunde en natuurkunde bestudeer je veranderingen in de niet-levende natuur. Het grote verschil is daarbij dat natuurkundige veranderingen tijdelijk zijn en scheikundige veranderingen blijvend. Het langer worden van een staaf bij verhitting en het veranderen van vloeibaar water in waterdamp of ijs worden dus bij natuurkunde bestudeerd, en het verbranden van hout bij scheikunde.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Natuurkunde en scheikunde gaan over de *levende* / *niet-levende* natuur.

2 Als je een kaars aansteekt, verandert kaarsvet van vaste stof in een vloeistof.

- **a** Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.
- **b** Sommige vogels overwinteren in Nederland, terwijl andere vogels in de herfst naar warmere landen vliegen.
  Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.
- **c** Een stof verandert in andere stoffen.
  Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.

3 Kies de juiste woorden.

- **a** Röntgenstraling wordt grotendeels tegengehouden door de *botten* / *spieren* in je lichaam.
- **b** Als er röntgenstraling op je hand valt, ontstaat er achter je hand een soort schaduwbeeld. Achter de *botten* / *spieren* is veel schaduw. Achter de *botten* / *spieren* is weinig schaduw.

TOEPASSING

4 Bij welk vak horen de volgende verschijnselen?
- Het ontstaan van geluid hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Een bloeiende bloem hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Het hard worden van een ei in kokend water hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Dat een houten blokje drijft in water en dat een ijzeren blokje zinkt in water hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.

5 Leg uit of de volgende veranderingen natuurkundig of scheikundig zijn.

a Het smelten van het metaal tin.
b Een plastic stoel buigt door als een zwaar persoon erop gaat zitten.
c Aardappelen bakken aan in een pan.
d De gloeispiraal in een kachel wordt rood als je de kachel aanzet.

6 Op een oud gebouw is een nieuw dak van koper gelegd (figuur 8a). Enkele jaren later is het koper door invloed van regen en lucht groen geworden (figuur 8b). Dit heet oxideren. Oxideren hoort bij *natuurkunde* / *scheikunde*, want het koper van het dak is *wel* / *niet* veranderd in een andere stof.

figuur 8 Het koperen dak van een historisch gebouw.



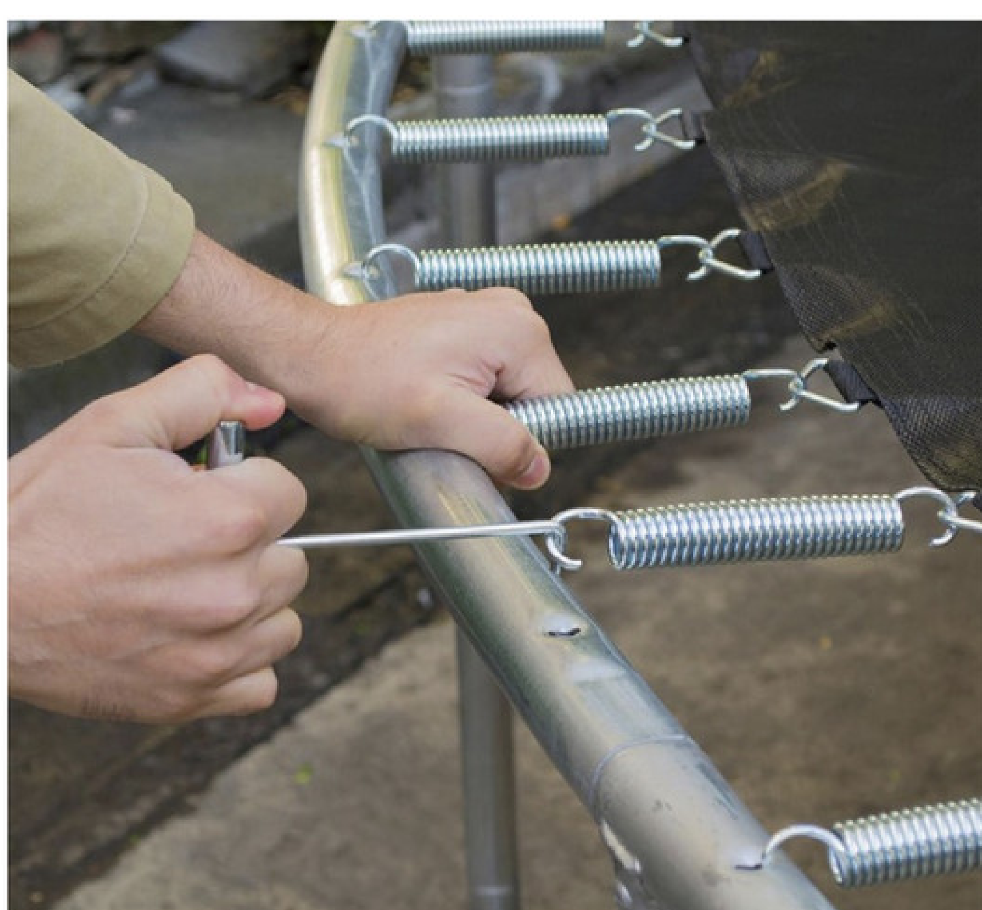
ⓐ



ⓑ

7 Bekijk figuur 9.

a Welke verandering treedt op als je aan een veer trekt?
b Leg uit dat deze verandering zowel tijdelijk als blijvend kan zijn.



figuur 9 Trekken aan een veer van een trampoline.

★ 8 Soms treden er meer veranderingen tegelijkertijd op.
Welke veranderingen treden op als een ijzeren spijker met een brander verhit wordt?

9 In figuur 10 zie je een röntgenfoto van de hals en een deel van het hoofd van een man.

a Wat houdt de meeste röntgenstraling tegen: de spieren of de botten?
b Wat heeft de man in zijn keel zitten?
c Waarvan zal dit voorwerp gemaakt zijn?
d Houdt dit materiaal veel of juist weinig röntgenstraling tegen?



figuur 10 Een röntgenfoto die in het ziekenhuis is gemaakt.

10 Rolina heeft haar been gebroken. In het ziekenhuis wordt een foto van de breuk gemaakt.
Waarom wordt daarbij zo weinig mogelijk röntgenstraling gebruikt?

11 Röntgenstraling wordt niet alleen in het ziekenhuis gebruikt.
Waarvoor gebruikt de beveiliging op een vliegveld röntgenstraling?

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

2 Onderzoeken

LEERDOELEN

1.2.1 Je kunt uitleggen wat de wetenschappelijke methode is.
1.2.2 Je kunt uitleggen hoe je veilig kunt waarnemen bij een onderzoek.
1.2.3 Je kunt beschrijven wat een grootheid en wat een eenheid is.
1.2.4 Je kunt uitleggen wat een indicator is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4
Onthouden	2	1		3
Begrijpen	5abcdef, 7b	4	8ab	
Toepassen	7ace		9	10
Analyseren	6, 7d			

Bij natuur- en scheikunde doe je soms onderzoek om een antwoord te krijgen op een onderzoeksvraag. Dat onderzoek gaat volgens de wetenschappelijke methode. Bij het onderzoek moet je waarnemen en meten.

ONDERZOEK DOEN

PROEF 1

Een natuurkundig of scheikundig onderzoek vindt plaats volgens een aantal stappen:

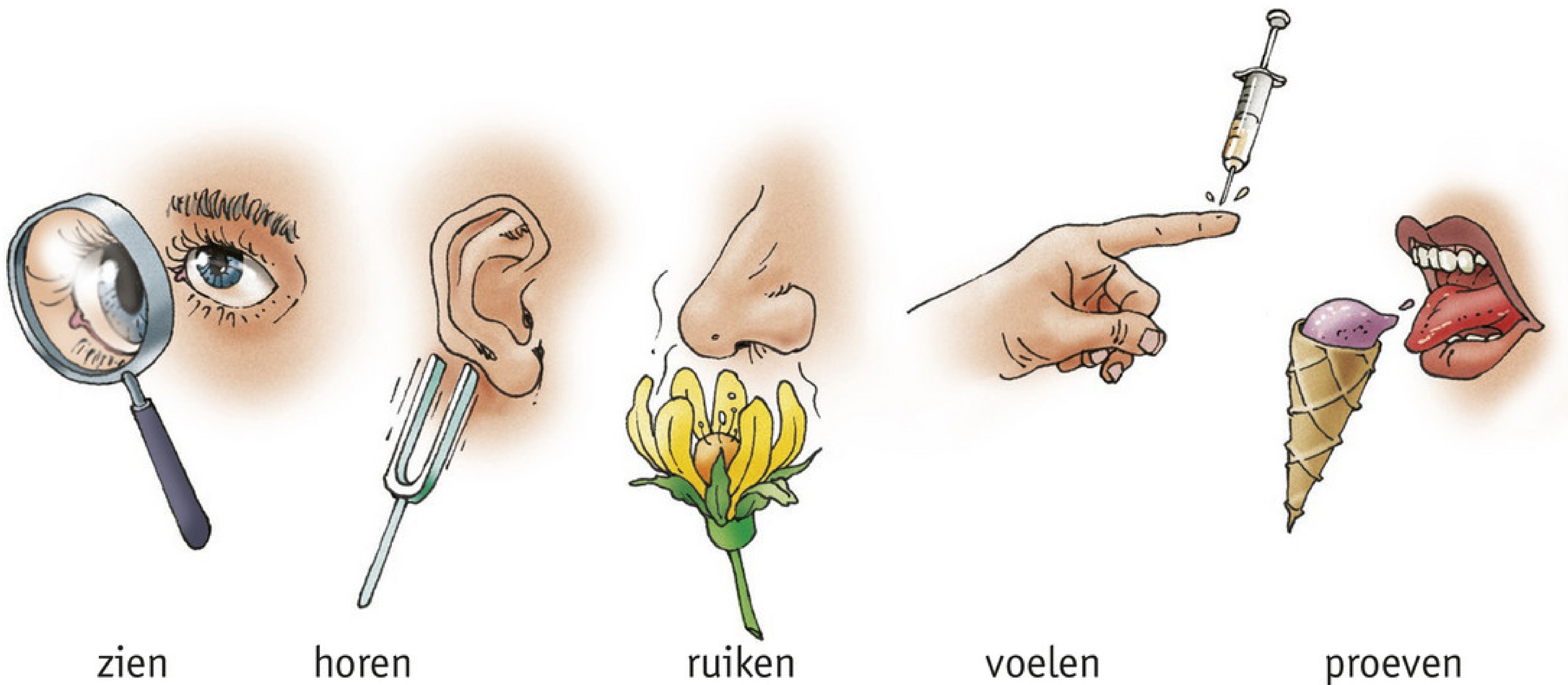
- Een onderzoek begint altijd met een **onderzoeksvraag**. Daarin staat wat je wilt ontdekken. Voorbeelden van onderzoeksvragen zijn: Welke temperatuur heeft kokend water? Hoever rijdt een fiets door als je stopt met trappen?
- Daarna bedenk je een voorlopig antwoord op de onderzoeksvraag. Wat denk je dat de uitkomst is? Zo'n voorlopig antwoord heet een **hypothese**. Dat kan een gok zijn, maar meestal is de hypothese ergens op gebaseerd: het verwachte resultaat.
- Na het formuleren van de hypothese bedenk je een experiment waarvan de uitkomst antwoord geeft op de onderzoeksvraag.
- Vervolgens voer je dit experiment uit.
- Je geeft de meetresultaten overzichtelijk weer in een tabel en/of grafiek.
- Met de uitkomsten van het experiment probeer je de onderzoeksvraag te beantwoorden. Je ziet dan of de hypothese goed of niet goed was.

Deze werkwijze heet de **wetenschappelijke methode**.

WAARNEMEN

PROEF 2

Als je een experiment uitvoert, moet je nauwkeurig waarnemen wat er gebeurt. Waarnemen doe je met je **zintuigen** (figuur 1). Met je zintuigen kun je zien, horen, ruiken, voelen en proeven.



figuur 1 Waarnemen doe je met je zintuigen.

Bij onderzoek mag je altijd horen, zien en voelen. De damp van sommige stoffen is giftig. Als je giftige dampen inademt, kun je ziek worden of kunnen je longen beschadigen. Daarom mag je nooit zomaar ruiken aan een stof, maar moet je dat altijd voorzichtig doen. Sommige stoffen zijn giftig. Je kunt er ernstig ziek van worden. Daarom mag je nooit proeven van een stof!

Met je zintuigen kun je wel waarnemen, maar dat is niet erg nauwkeurig. Als je een blokje van 50 gram aan een elastiekje hangt, kun je zien dat het elastiekje langer wordt. Maar je kunt niet zien hoeveel langer. Als je dat wilt weten, moet je meten. Daarvoor gebruik je een **meetinstrument**.

GROOTHEID, EENHEID EN MEETWAARDE

Als je op de weegschaal gaat staan, lees je bijvoorbeeld het getal 52 af. Je zegt dan wellicht: "Ik weeg 52." In de natuurkunde is dat niet goed. Iedereen zal begrijpen dat je dan 52 kilogram weegt en geen 52 gram of 52 ton. Maar in de natuurkunde moet je de aanduiding kilogram, of afgekort kg, achter het getal zetten. Kilogram is een **eenheid**. Een eenheid is een hoeveelheid of maat waarin je iets uitdrukt. De eenheid geeft het getal betekenis. Een eenheid staat altijd achter een getal. Het getal 52 is de **meetwaarde**.

Bij tijd kun je verschillende eenheden gebruiken, bijvoorbeeld minuten, uren, dagen of weken. Dit zijn allemaal eenheden van tijd. Lengte heeft ook zijn eigen eenheden. Zo is de lengte van Melissa 154 centimeter. En is de lengte van het schoolplein 30 meter.

Tijd en lengte zijn de dingen die je kunt meten. Tijd en lengte zijn voorbeelden van grootheden. Een **grootheid** is een eigenschap die je kunt meten. Iedere grootheid heeft zijn eigen eenheden.

Met een weegschaal kun je de massa van een voorwerp of van een hoeveelheid stof bepalen. De massa is de hoeveelheid stof in gram (g) of kilogram (kg). Voorwerpen met een grote massa zijn zwaar, voorwerpen met een kleine massa zijn licht.

Cola is een vloeistof. Je kunt meten hoeveel cola in een glas zit. Je meet dan het volume van de cola. Het volume is de ruimte die een voorwerp of een hoeveelheid stof inneemt. Het volume druk je uit in kubieke meter (m^3), kubieke decimeter (dm^3) of kubieke centimeter (cm^3). Volumes kunnen ook worden opgegeven in liter (L) of milliliter (mL).

ONDERZOEK MET EEN INDICATOR

PROEF 3+4

In laboratoria worden indicatoren gebruikt. Met een **indicator** kun je onderzoeken of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is. De indicator verandert van kleur onder invloed van die andere stof. Er zijn indicatoren voor suiker, alcohol, zetmeel, koolstofdioxide enzovoort. De indicator voor zetmeel is jodium, een bruingele vloeistof (figuur 2).



figuur 2 Jodium.

Je kunt nu een onderzoek doen volgens de wetenschappelijke methode:
- De onderzoeksvraag luidt: Zit er zetmeel in een witte boterham?
- De hypothese zou kunnen zijn: Nee, er zit geen zetmeel in een witte boterham.
- De proefopzet is dan als volgt: Laat een paar druppels jodium op een witte boterham vallen.
- Voer de proef nu uit (figuur 3). Je ziet dat de boterham op die plaats donkerblauw wordt.
- Je kunt de onderzoeksvraag nu beantwoorden: Er zit zetmeel in een witte boterham. De hypothese was niet juist.



figuur 3 Brood bevat zetmeel.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Waarom mag je bij natuur- en scheikunde nooit proeven van een stof?

2 Welke eenheid hoort bij de grootheid?

A lengte ○		○ 1 kilogram
B massa ○		○ 2 liter
C tijd ○		○ 3 meter
D volume ○		○ 4 seconde

3 Vul de juiste woorden in.

Met een .... kun je nagaan of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is.

De .... verandert van .... onder invloed van die andere stof.

Als je .... bij zetmeel doet, verandert de kleur van het jodium van bruingeel in ....

TOEPASSING

4 Je gebruikt je zintuigen om dingen waar te nemen.
Welk zintuig gebruik je?

A horen	○	○	1 huid
B proeven	○	○	2 neus
C ruiken	○	○	3 ogen
D voelen	○	○	4 oren
E zien	○	○	5 tong

5 Hoort de zin bij de onderzoeksvraag of bij de conclusie van een onderzoek?

a Gaat elektriciteit door een plastic buis heen? *onderzoeksvraag / conclusie*
b Wie is het langst in deze klas? *onderzoeksvraag / conclusie*
c De zon komt iedere dag op in het oosten. *onderzoeksvraag / conclusie*
d Serge wil weten hoe hoog het klaslokaal is. *onderzoeksvraag / conclusie*
e Papier brandt beter dan hout. *onderzoeksvraag / conclusie*
f Nick is het langst van de klas. *onderzoeksvraag / conclusie*

6  Zie de vaardigheid *Onderzoek doen*.
Lees en bekijk figuur 4.
Bedenk zelf een onderzoeksvraag voor een onderzoek dat past bij deze tekst.

Evelien fietst op haar nieuwe e-bike naar school. Ze weet nog niet hoe snel de fiets nu eigenlijk gaat. Gaat het sneller dan op haar gewone fiets? Dat gaat ze uitproberen. Ze hoopt dat ze onderweg niet stil komt te staan doordat de accu leeg is. Als ze op school aankomt, vraagt haar vriend Raymond hoelang zij onderweg is geweest. Evelien weet dat niet. Ze is alleen bezig geweest met zo hard mogelijk fietsen.



figuur 4 Evelien op haar e-bike.

7 Als Vera stopt met trappen, rijdt haar fiets steeds langzamer, tot deze tot stilstand komt. Vera wil weten of ze op een asfaltweg even ver doorrijdt als op een zandweg. De afstand die ze nog doorrijdt vanaf het moment dat ze niet meer trapt heet de uitrijdafstand.

a Schrijf de onderzoeksvraag op bij deze beschrijving.
b Bedenk een hypothese bij deze onderzoeksvraag.
c Waarom heeft ze een fiets nodig met een snelheidsmeter?
d Vera gaat een proef doen om haar onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.
Beschrijf welke proef ze moet uitvoeren.
e Bij 15 kilometer per uur is de uitrijdafstand van Vera op de asfaltweg 37 m en op de zandweg 25 m.
Beantwoord de onderzoeksvraag (oftewel: trek de conclusie).

8  Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden*.

a Onderstreep in elke zin de grootheid.
Het zwembad heeft een lengte van 25 meter.
De tijd die Jurgen nodig heeft om naar huis te fietsen is 15 minuten.
In een koelkast is de temperatuur meestal 4 graden Celsius.
De breedte van een tennisveld is 8,23 meter.
De massa van de bloemkool is 600 gram.

b Onderstreep in elke zin de eenheid.
Als je temperatuur 39 graden Celsius is, heb je koorts.
Een voetbalwedstrijd duurt twee keer 45 minuten.
Anna judoot in de klasse tot 52 kilogram.
Bij hockey ligt de strafbalstip op 6,4 meter van het doel.
Als de luchtdruk onder 1013 hectopascal komt, is de kans op regen groot.

9 Wat ontbreekt er eigenlijk op het verkeersbord in figuur 5?



figuur 5 Verkeersbord.

10 De politie gebruikte vroeger een blaaspijpje om te controleren of een automobilist gedronken had.
Welke stof kon de politie met zo'n blaaspijpje aantonen?

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

3 Practicum

LEERDOELEN

1.3.1 Je kunt practicummaterialen benoemen.
1.3.2 Je kunt van een aantal meetinstrumenten uitleggen waarvoor je ze gebruikt.
1.3.3 Je kunt het verschil uitleggen tussen digitale en analoge apparatuur.
1.3.4 Je kunt de veiligheidsregels en veiligheidsmiddelen bij practicum noemen.
1.3.5 Je kunt de werking van de brander uitleggen.
1.3.6 Je kunt de drie soorten vlammen van de brander met hun eigenschappen noemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5	1.3.6
Onthouden	1			2	3	
Begrijpen			4	5abcdefg, 7		
Toepassen				8b		8a
Analyseren		10ab		6	9	

Bij het doen van natuur- of scheikundig onderzoek voer je experimenten uit. Daarbij gebruik je meetinstrumenten. Bij deze experimenten zijn er regels voor de veiligheid waar je je altijd aan moet houden.

PRACTICUMAPPARATUUR

PROEF 5

Het uitvoeren van experimenten bij natuur- en scheikunde noem je **practicum**. Bij practicum onderzoek je natuurverschijnselen. Meestal heb je dan meetinstrumenten nodig. Je hebt vaak ook andere dingen nodig. De spullen die je bij een practicum gebruikt, noem je practicummateriaal. Er zijn veel verschillende soorten practicummateriaal (figuur 1).

MEETINSTRUMENTEN

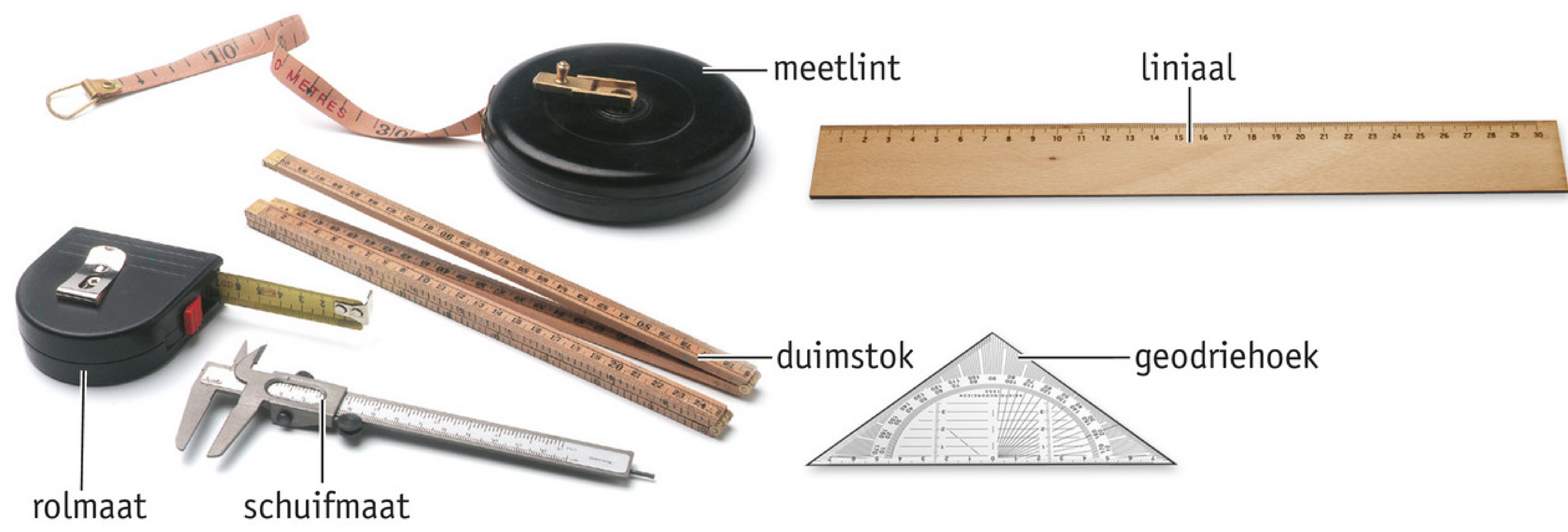
Tijd meet je met een klok of een stopwatch. Tijd wordt uitgedrukt in de eenheden seconden (s), minuten (min), uren (h) of zelfs jaren (y).

Lengtes kun je meten met een liniaal, geodriehoek of meetlint (figuur 2). Gebruik het apparaat dat het best past bij de lengte die je gaat meten. Lengtes druk je uit in centimeter (cm), meter (m) of kilometer (km).

De temperatuur meet je met een thermometer. De massa meet je met een weegschaal. (In de natuurkunde gebruik je het woord massa in plaats van gewicht.)

afbeelding	naam	toepassing
	maatcilinder	hoeveelheid meten
	bekerglas	mengen en verwarmen van vloeistoffen
	erlenmeyer	verwarmen van vloeistoffen
	kookkolf	verwarmen van vloeistoffen
	reageerbuis	mengen van vloeistoffen scheikundeproefjes
	reageerbuisknijper	vasthouden van een reageerbuis tijdens het verwarmen
	reageerbuisborstel	schoonmaken van een gebruikte reageerbuis
	reageerbuisrek	opbergen van reageerbuizen
	statiefstang/klemmen	iets vastzetten
	statiefvoet	monteer je samen met statiefstang

figuur 1 Practicummateriaal.



figuur 2 Meetinstrumenten voor het meten van lengte.

In figuur 3 zie je twee thermometers. De oventhermometer (figuur 3a) heeft een wijzer die over een **schaalverdeling** draait. De schaalverdeling bestaat uit streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen. Meetinstrumenten met een wijzer en een schaalverdeling noem je **analoog**. De koortsthermometer (figuur 3b) toont de meting op een schermpje. Een meetinstrument met cijfers op een scherm noem je **digitaal**.

figuur 3 Twee thermometers.



ⓐ analoge thermometer



ⓑ digitale thermometer

VEILIGHEID

Tijdens practicum werk je soms met vuur of je gebruikt gevaarlijke stoffen. Soms werk je met elektriciteit. Als er iets fout gaat, kan iemand gewond raken. Daarom is veiligheid erg belangrijk. Je moet altijd voorzichtig experimenteren. Je moet je daarom houden aan de **veiligheidsregels** (figuur 4).



figuur 4 Tijdens practicum is de veiligheid belangrijk.

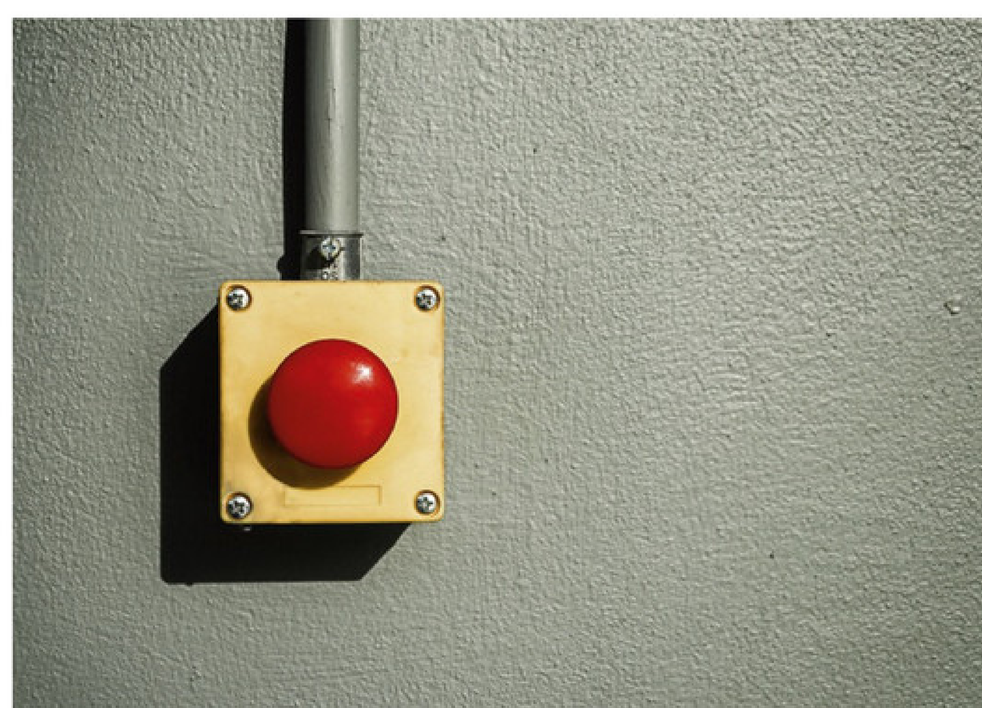
De veiligheidsregels zijn:
- Luister naar je docent en doe wat je docent zegt.
- Niet duwen, trekken of rennen in het lokaal.
- Niet eten of drinken in het lokaal.
- Leg geen tas of andere spullen waar mensen moeten lopen.
- Draag een veiligheidsbril als dat nodig is.
- Bind lang haar in een staart als je met vuur werkt.
- Werk altijd voorzichtig, vooral met scheikundige stoffen.
- Ruik alleen voorzichtig aan onbekende stoffen.
- Proef nooit van stoffen.
- Als er iets fout gaat, moet je meteen je docent waarschuwen.

Bij practica moet je weten waar de veiligheidsmiddelen voor dienen. In de meeste practicumlokalen zijn de volgende veiligheidsmiddelen aanwezig:
- de brandblusser, hiermee blus je een beginnende brand;
- de branddeken, hier kun je iemand in wikkelen als zijn kleding in brand staat (figuur 5);
- de oogdouche of oogwasfles, hiermee spoel je je ogen schoon als er een bijtende stof in is gekomen;
- de nooddouche, hier kun je onder gaan staan als je een bijtende stof over je heen hebt gekregen;
- de nooddeur, een deur die bestemd is om het lokaal te ontvluchten;
- de noodstop, een rood met gele knop die het gas en de elektriciteit afsluit als je hem indrukt (figuur 6).

Je docent vertelt waar deze veiligheidsmiddelen in het lokaal zijn. Hij vertelt ook hoe je ze moet gebruiken.



figuur 5 Oefenen met een branddeken.



figuur 6 De noodstop.

DE BRANDER

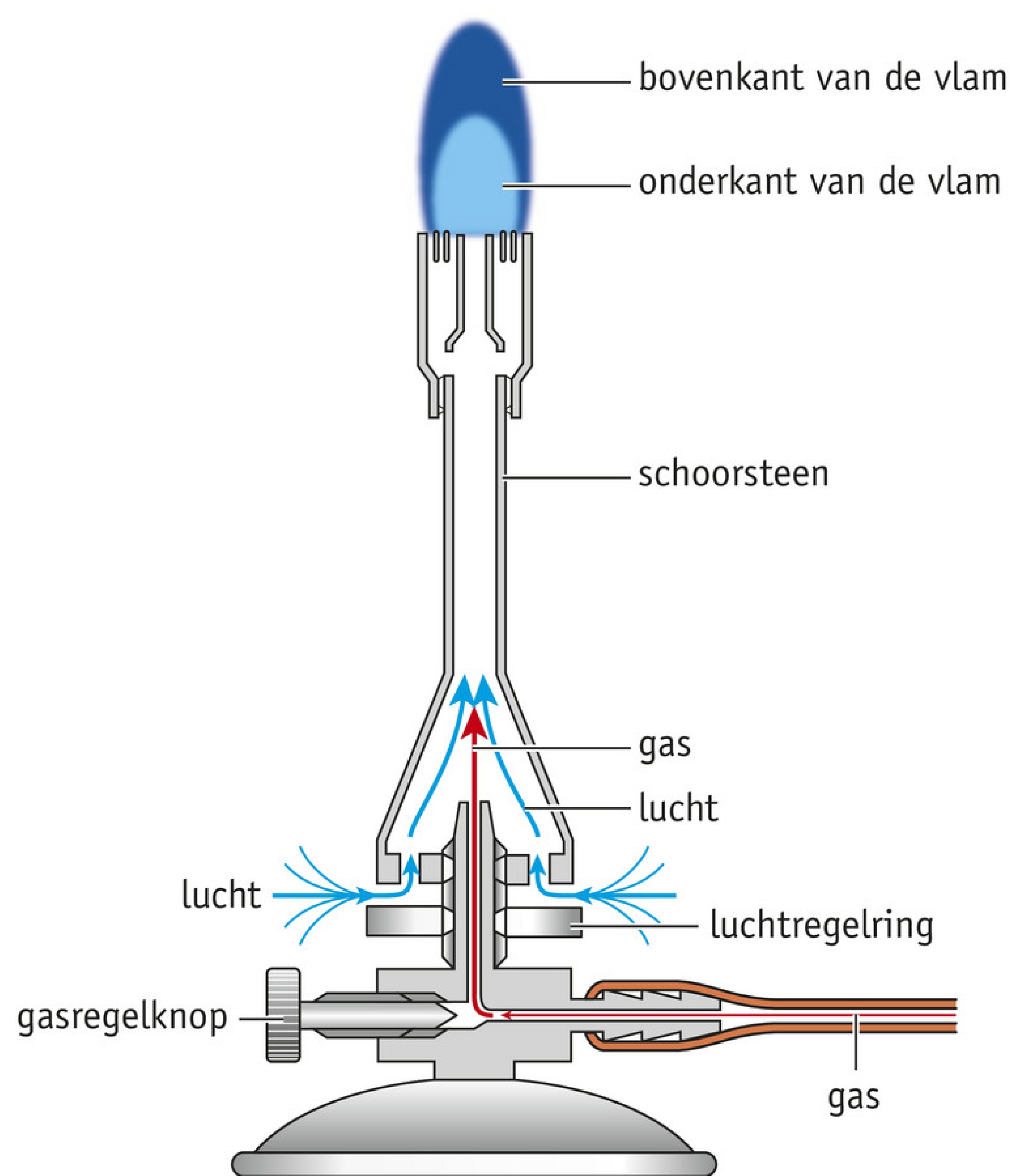
PROEF 6

Bij practicum moet je soms iets verwarmen. Daarvoor gebruik je een brander. De brander werkt op aardgas. De brander wordt met behulp van een slang aangesloten op een gaskraan. Op de brander zit een **gasregelknop** (figuur 7). Met deze gasregelknop laat je meer of minder aardgas in de brander. De vlam wordt dan groter of kleiner. Je kunt deze gasregelknop ook helemaal dicht draaien.

Aardgas kan alleen branden als er zuurstof bij komt. Zuurstof zit in de lucht. De lucht komt door de **luchtregelring** (figuur 7) bij het gas. Met de luchtregelring laat je meer of minder lucht bij het gas. In de **schoorsteen** worden het gas en de lucht gemengd, zodat de vlam bovenaan de schoorsteen goed kan branden.

De brander moet je altijd op dezelfde manier aansteken:
1 Doe de luchtregelring dicht.
2 Controleer of de gasregelknop dicht is.
3 Draai de gaskraan op je tafel open.
4 Houd een brandende lucifer net boven de schoorsteen.
5 Draai de gasregelknop een beetje open, zodat de brander met een geeloranje vlam gaat branden.

Je doet de brander op de volgende manier weer uit:
1 Draai de luchtregelring dicht.
2 Draai de gaskraan op je tafel dicht.
3 Draai de gasregelknop dicht.



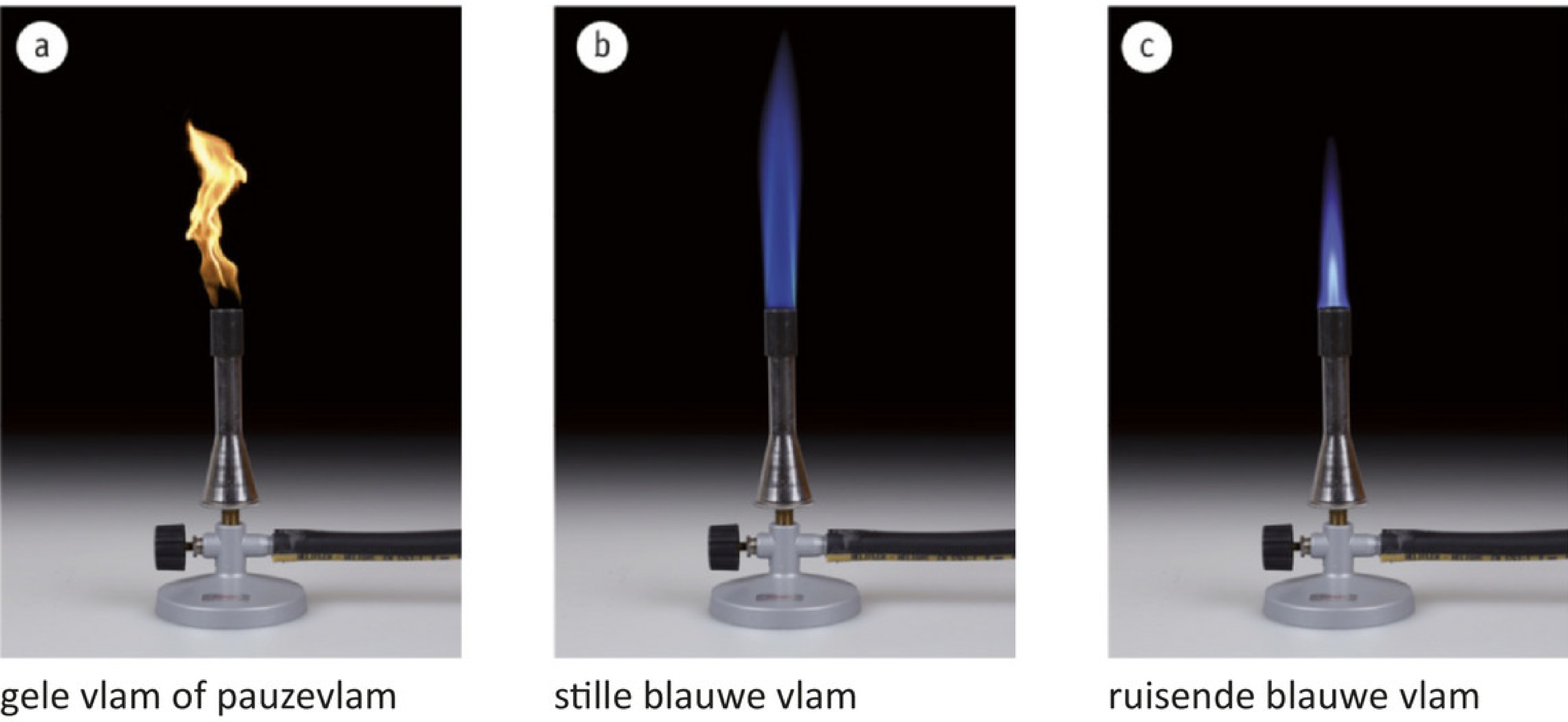
figuur 7 De onderdelen van de brander.

DRIE VLAMMEN

Met de brander kun je drie soorten vlammen maken:

- De **pauzevlam** (figuur 8a) gebruik je als je de brander even niet nodig hebt. Een pauzevlam is geeloranje. De pauzevlam is goed zichtbaar, zodat je je niet per ongeluk verbrandt aan de vlam. Voor een pauzevlam draai je de gasregelknop een beetje open en blijft de luchtregelring dicht. De pauzevlam is de minst hete van de drie vlammen. Je mag de pauzevlam nooit gebruiken om een bekerglas of een reageerbuis te verwarmen. Bij een geeloranje vlam verbrandt het aardgas namelijk niet volledig. Er ontstaat roet dat het bekerglas of de reageerbuis zwart maakt. Het is moeilijk om deze weer schoon te maken.
- De **stille blauwe vlam** (figuur 8b) gebruik je als je iets warm moet houden. Ook gebruik je de stille blauwe vlam als je een kleine hoeveelheid vloeistof moet verwarmen, bijvoorbeeld een klein beetje water. Voor een stille blauwe vlam open je de gasregelknop en de luchtregelring een beetje. De stille blauwe vlam is veel heter dan de pauzevlam.
- De **ruisende blauwe vlam** (figuur 8c) is heel heet. De ruisende blauwe vlam is voor een groot deel onzichtbaar. Je ziet alleen de blauwe kegel of kern, maar de vlam is dus veel groter. Je gebruikt de ruisende blauwe vlam om een grote hoeveelheid vloeistof te verwarmen. Bijvoorbeeld om een liter water te koken. Voor een ruisende blauwe vlam draai je de gasregelknop en de luchtregelring ver open.

figuur 8 Drie verschillende vlammen van een brander.

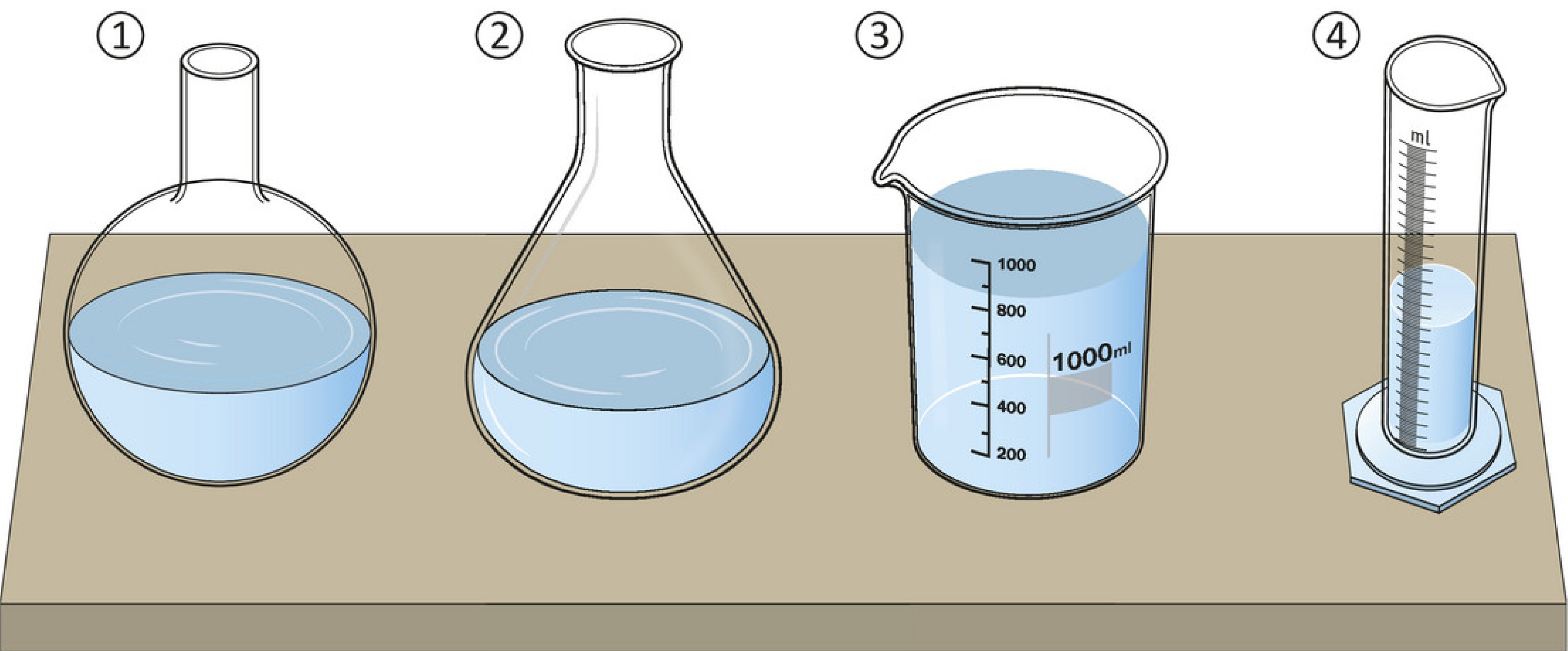


gele vlam of pauzevlam — stille blauwe vlam — ruisende blauwe vlam

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 In figuur 9 zie je vier soorten practicummateriaal van glas.
Noteer de naam van elk glas.



figuur 9 Deze voorwerpen worden veel bij practica gebruikt.

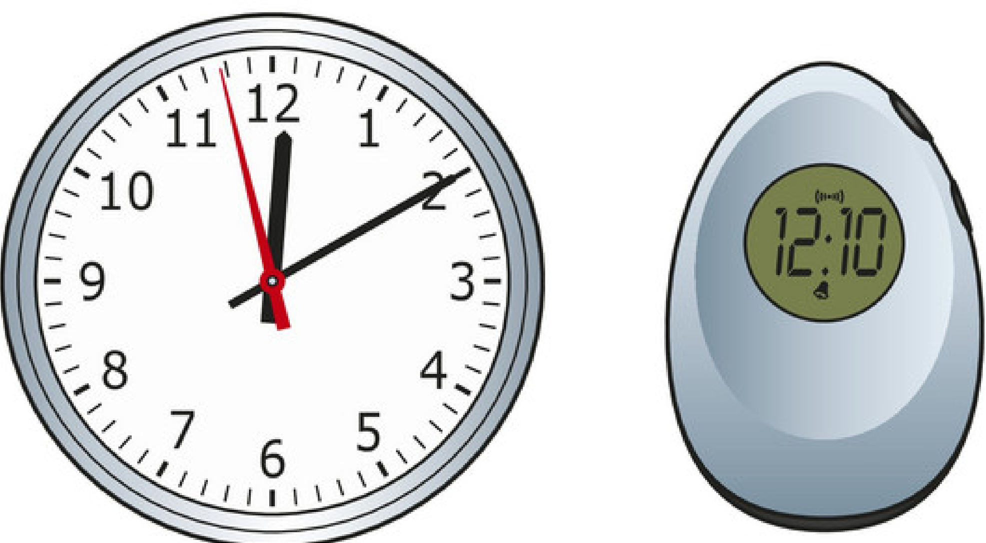
1 .... 3 ....

2 .... 4 ....

2 Bij practicum heb je verschillende veiligheidsregels.
Noteer drie veiligheidsregels.

3 Als je een brander aansteekt, moet de luchtregelring *open* / *dicht* zijn.

4 Bekijk figuur 10.
Welke klok is analoog en welke is digitaal? Leg uit waaraan je dat kunt zien.



figuur 10 Twee verschillende klokken.

TOEPASSING

5 Lees de zinnen over dingen die je kunt doen bij practicum.
Geef aan of het goed of fout is wat er gebeurt.

a Kyra ruikt direct met haar neus aan een open fles. *goed / fout*
b Randjew houdt de reageerbuis met de reageerbuisknijper in een vlam. *goed / fout*
c Carlo zet zijn veiligheidsbril af, terwijl hij een vloeistof verwarmt. *goed / fout*
d Karin heeft lang haar en bindt dat in een staart, die op haar rug hangt. *goed / fout*
e Ineke schuift haar tas onder de tafel voor ze aan het practicum begint. *goed / fout*
f Paul proeft of een vloeistof zoet is. *goed / fout*
g Saar loopt het practicumlokaal uit voor een mentorgesprek en zet de brander op de pauzevlam. *goed / fout*

6 Carolien stoot per ongeluk haar brander om. De vlam van de brander blijft branden. Carolien raakt in paniek. Jij blijft kalm, want je weet wat je als eerste moet doen.
○ A Je draait de gaskraan op haar tafel dicht.
○ B Je giet een bekerglas water op de brander.
○ C Je pakt de brandblusser en spuit op de brander.
○ D Je pakt de brander vast en zet hem rechtop.
○ E Je probeert Carolien te troosten.

7 Schrijf vijf veiligheidsmiddelen op die in het practicumlokaal bij jou op school aanwezig zijn.

8 Je gaat bij practicum twee bekerglazen met water verwarmen: een klein bekerglas met 100 mL water en een groot bekerglas met 2 L water. Je meet elke 30 s de temperatuur met een thermometer. Je maakt van beide meetseries een grafiek, waarbij je de temperatuur uitzet tegen de tijd.
a Welke vlam gebruik je in de volgende situaties?
- Je verwarmt als eerste het bekerglas met 100 mL water.
- Je maakt een grafiek van de metingen van het kleine bekerglas met water.
- Je verwarmt het grote bekerglas met 2 L water.
- Je maakt de grafiek van het grote bekerglas met 2 L water.

b Waarom moet je vooral bij het verwarmen van het kleine bekerglas met water erg voorzichtig zijn?

★ 9 Er is zuurstof nodig om gas te laten branden. Bij het aansteken van de brander is de luchtregelring dicht, zodat er geen lucht met het gas door de schoorsteen kan stromen. Leg uit waarom je toch de brander kunt aansteken.

★ 10 John heeft twee precies dezelfde dunne kaarsen.
a Leg uit hoe hij van een van die kaarsen een klok kan maken.
b Welke nadelen heeft deze kaarsenklok?

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

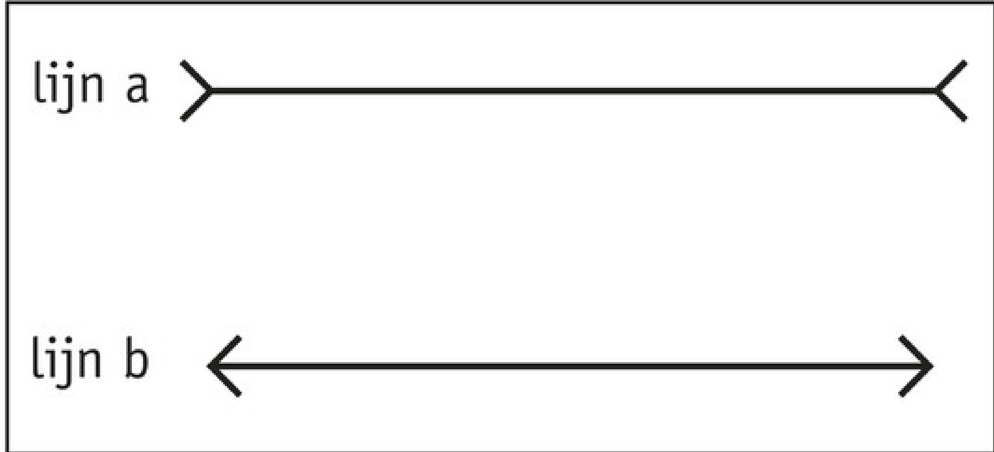
PROEF 1 ONDERZOEK DOEN

10 minuten

Inleiding
Een onderzoek voer je uit om iets te weten te komen wat voor jou nog onbekend is.

Doel
Met deze proef formuleer je een onderzoeksvraag en een conclusie voor een onderzoek.

Nodig
☐ liniaal of geodriehoek



figuur 1 Twee lijnen.

Uitvoeren en uitwerken
- Bekijk de twee lijnen in figuur 1. De pijlpunten doen niet mee met de lengte van de lijn.

1 Bedenk een onderzoeksvraag bij deze twee lijnen.

....

....

2 Je mag eerst alleen kijken, dus niet meten.
Wat is je hypothese over de lengte van de twee lijnen?
○ A Lijn a is het langst.
○ B Lijn b is het langst.
○ C Lijn a en b zijn even lang.

- Pak een liniaal of geodriehoek.
- Meet de lengte van de lijnen.

3 Wat is de conclusie van het onderzoek?

....

....

4 Leg uit of je hypothese juist was of niet.

....

....

PROEF 2 TEMPERATUURGEVOEL TESTEN

15 minuten

Inleiding

Met je vingers kun je slecht de temperatuur vaststellen. In deze proef merk je dat je handen ieder zelfs een verschillende temperatuur kunnen waarnemen.

Doel

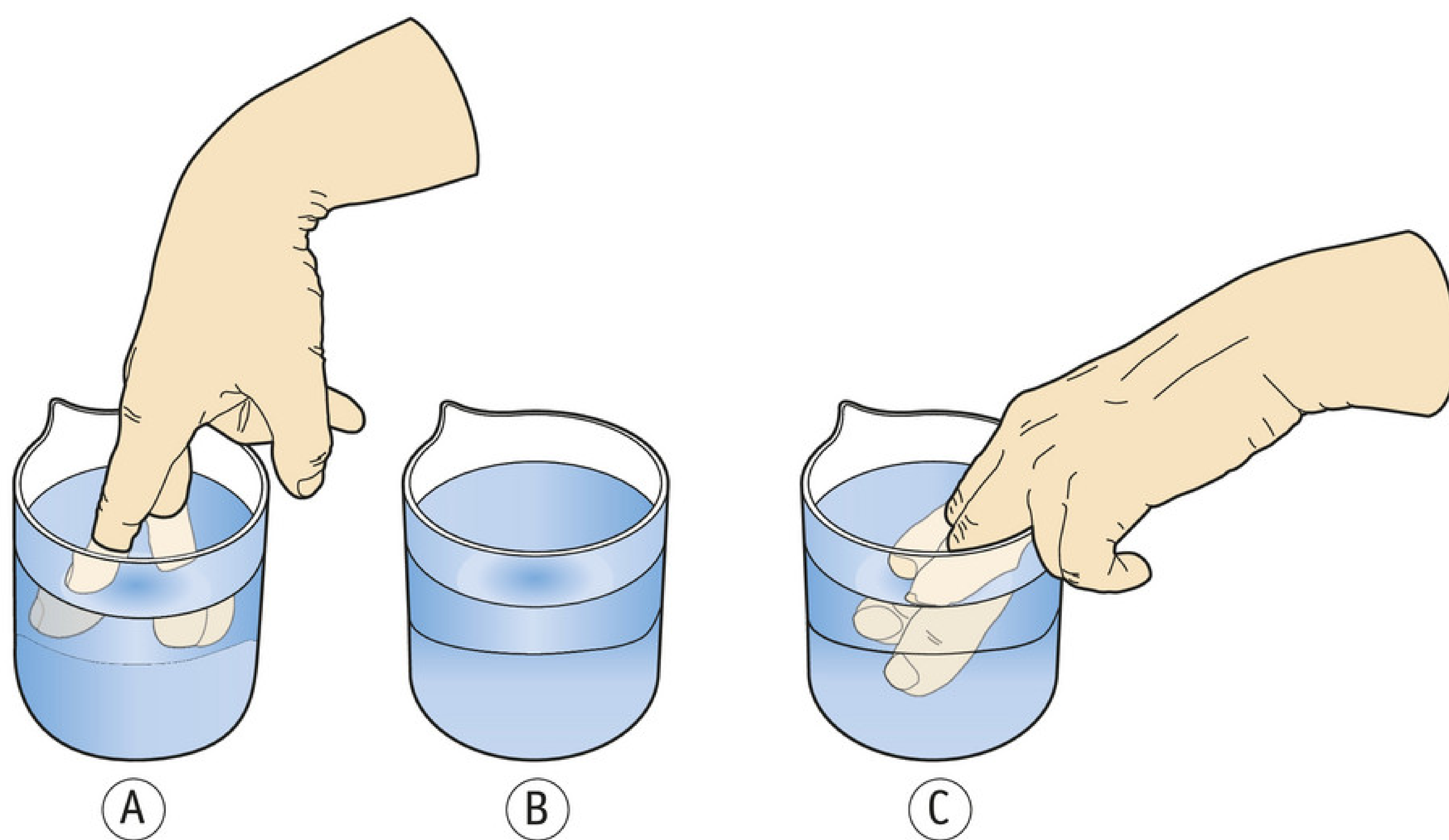
Met deze proef onderzoek je hoe nauwkeurig je temperatuurgevoel is.

Nodig

- ☐ 3 bekerglazen
- ☐ warm water

Uitvoeren en uitwerken

- Vul bekerglas A voor twee derde met warm water.
- Vul bekerglas B voor twee derde met lauw water.
- Vul bekerglas C voor twee derde met koud water.
- Doe twee vingers van je linkerhand in bekerglas A. Doe tegelijk twee vingers van je rechterhand in bekerglas C (figuur 2).
- Haal je vingers na 1 minuut uit de bekerglazen A en C. Doe ze meteen daarna in bekerglas B.



figuur 2 Je temperatuurgevoel testen.

1 Hoe voelt het water in bekerglas B aan?

- ○ A linkerhand koud, rechterhand koud
- ○ B linkerhand koud, rechterhand lauw
- ○ C linkerhand lauw, rechterhand koud
- ○ D linkerhand lauw, rechterhand lauw

2 Wat weet je nu over de nauwkeurigheid van je temperatuurgevoel?

....

....

....

PROEF 3 ZUUR AANTONEN

15 minuten

Inleiding

Met rodekoolsap kun je onderzoeken of er zuur in een vloeistof zit. Je doet een scheutje sap bij de vloeistof en kijkt naar de kleur. Als het sap rood kleurt, is de vloeistof zuur. Als het sap blauwpaars blijft, is de vloeistof niet zuur.

Doel

Je onderzoekt van vijf vloeistoffen of ze zuur zijn, zonder ze te proeven.

Nodig

- ☐ rodekoolsap
- ☐ reageerbuis
- ☐ 5 onbekende vloeistoffen
- ☐ pipet

Uitvoeren en uitwerken

- Vul de reageerbuis voor een kwart met vloeistof 1.
- Voeg met het pipet enkele druppels rodekoolsap toe.

1 Wat zie je?

....

....

2 Noteer in de tweede kolom van tabel 1 ‘ja’ als de vloeistof zuur is en ‘nee’ als de vloeistof niet zuur is.

tabel 1 Zijn de vijf vloeistoffen zuur?

nummer	zuur?	naam vloeistof
1		
2		
3		
4		
5		

- Onderzoek de vier andere vloeistoffen op dezelfde manier.

3 Vul de tweede kolom van de tabel verder in.

- Je docent vertelt je welke vloeistoffen je onderzocht hebt.

4 Noteer de namen van de onderzochte vloeistoffen in de derde kolom van de tabel.

5 Van welke vloeistoffen had je niet verwacht dat ze zuur zijn?

....

....

PROEF 4 KOOLZUURGAS AANTONEN

10 minuten

Inleiding
Met kalkwater kun je onderzoeken of er koolzuurgas in je adem zit.

Doel
Je toont aan dat er koolzuurgas in je adem zit.

Nodig
- ☐ kalkwater
- ☐ bekerglas
- ☐ rietje

Uitvoeren en uitwerken
- Vul het bekerglas voor de helft met kalkwater.
- Blaas zacht en voorzichtig door het rietje in het kalkwater.

1 Wat zie je?

....

....

2 Vul in.

Met .... kun je aantonen dat er .... in je adem zit. Het kalkwater wordt dan ....

3 Welke stof is hier de indicator?

....

4 Je hebt het experiment al uitgevoerd. Eigenlijk begint elk onderzoek met een onderzoeksvraag. Als je nu terugkijkt, welke onderzoeksvraag zou je hierbij dan kunnen stellen?

....

....

PROEF 5 WERKEN MET EEN REAGEERBUIS

15 minuten

Inleiding
Om practicum te doen, moet je technieken leren om het practicummateriaal juist te kunnen gebruiken.

Doel
Met deze proef leer je twee technieken om een reageerbuis juist te gebruiken.

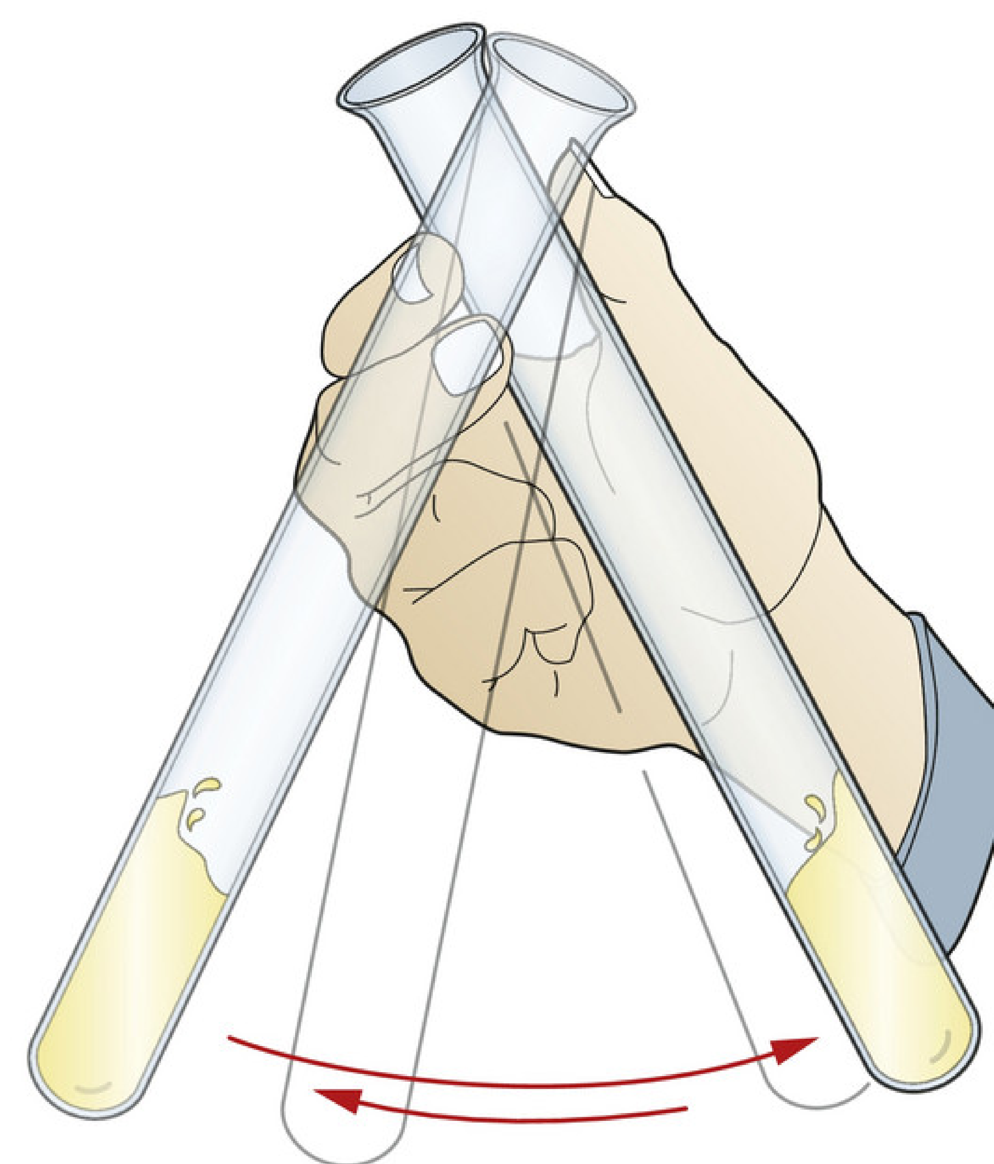
Nodig
- ☐ 2 reageerbuizen
- ☐ reageerbuisrek
- ☐ watervaste viltstift
- ☐ meetlat of geodriehoek
- ☐ spuitfles met water
- ☐ poetsdoek
- ☐ keukenzout

Uitvoeren en uitwerken
- Pak de twee reageerbuizen uit het rekje.
- Maak de buitenkant van de reageerbuizen goed droog met een doek.
- Zet op elke reageerbuis een dunne streep op 4 cm van de onderkant.
- Vul één reageerbuis precies tot aan het streepje met water rechtstreeks uit de kraan.
- Vul de andere reageerbuis met de spuitfles precies tot de streep met water.

1 Je moet een reageerbuis precies tot aan een streep vullen.
Wat is de nauwkeurigste manier om dat te doen?
- ○ A Aan de kraan vullen.
- ○ B Met een spuitfles vullen.
- ○ C Aan de kraan vullen of met de spuitbus vullen zijn allebei even nauwkeurig.

- Doe in beide reageerbuizen een beetje keukenzout.
De hoeveelheid keukenzout moet ongeveer gelijk zijn.
- Pak een reageerbuis met water en keukenzout bovenaan vast. Houd de reageerbuis vast tussen duim en wijsvinger.
- Schud de reageerbuis nu voorzichtig heen en weer (figuur 3). Op deze manier de reageerbuis schudden lijkt op het kwispelen van de staart van een hond. Daarom noem je dit kwispelen.

- Kwispel net zolang totdat het zout is opgelost.



figuur 3 Kwispelen met een reageerbuis.

2 Is het zout in de reageerbuis waar je niet mee gekwispeld hebt ook opgelost? *ja* / *nee*

3 Door te kwispelen lossen stoffen *sneller* / *minder snel* op.

PROEF 6 WERKEN MET EEN BRANDER

30 minuten

Inleiding
Bij proeven op school gebruik je vaak een gasbrander om iets te verwarmen. Met zo'n brander moet je altijd voorzichtig werken.

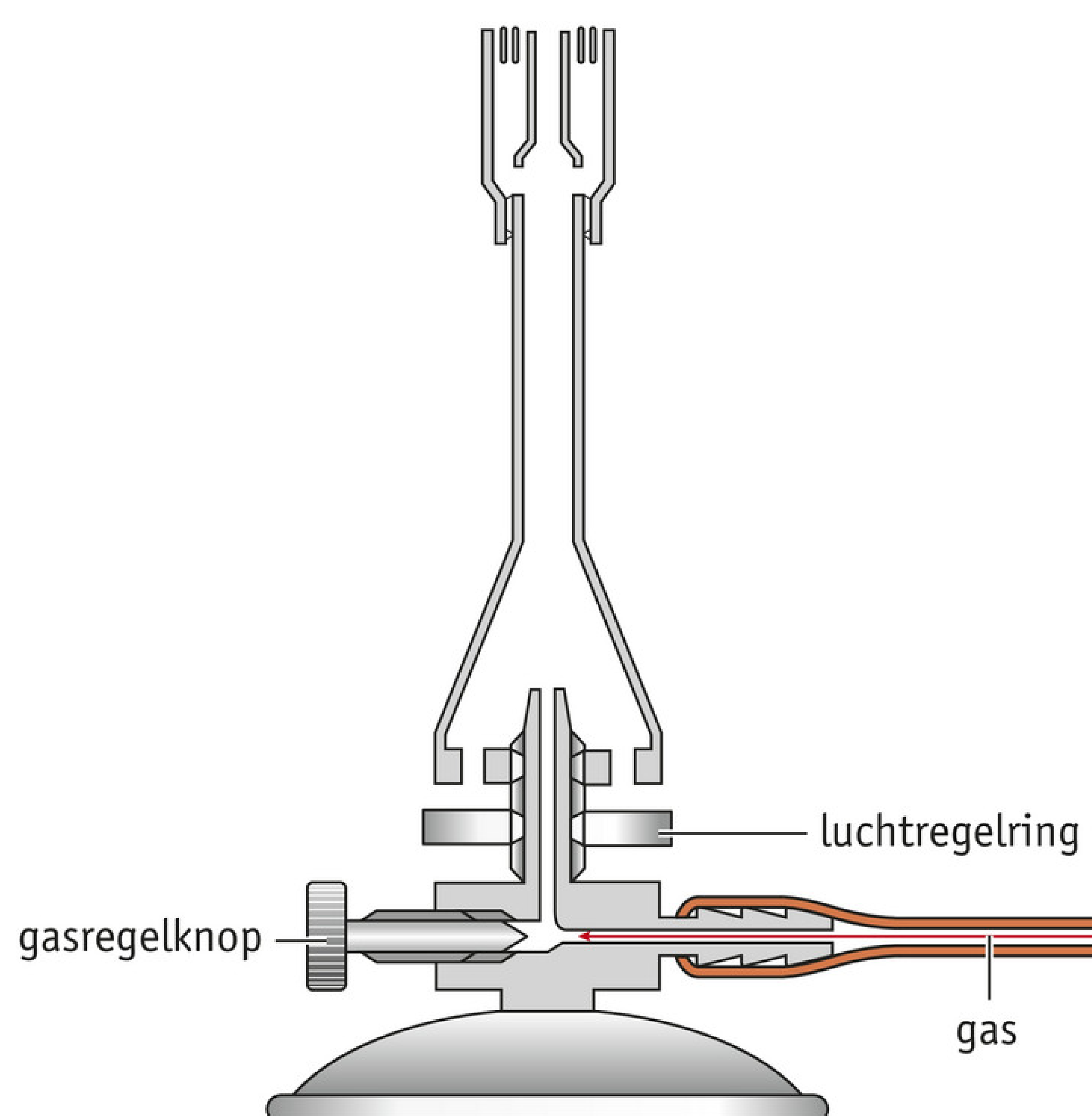
Houd je aan de veiligheidsvoorschriften die je docent met je heeft besproken.

Doel
Bij deze proef leer je welke eigenschappen een gasvlam heeft en hoe je met een brander moet werken.

Nodig
- ☐ gasbrander
- ☐ gaasje
- ☐ houten reageerbuishouder
- ☐ lucifers/aansteker

Uitvoeren en uitwerken

Zie de vaardigheid *Werken met een brander.*
- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de gasbrander dichtzitten (figuur 4).
- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander en draai de gasregelknop een eindje open.



figuur 4 De gasbrander.

1 Welke kleur heeft de vlam van de brander?

....

- Draai de luchtregelring een klein eindje open.

2 Wat gebeurt er met de kleur van de vlam?

....

- Draai de luchtregelring nu een flink eind open.

3 Wat gebeurt er met de kleur van de vlam?

....

4 Wat hoor je?

....

- Houd het gaasje verticaal in de vlam (zie figuur 5).

5 Teken en kleur in figuur 5 wat je ziet.

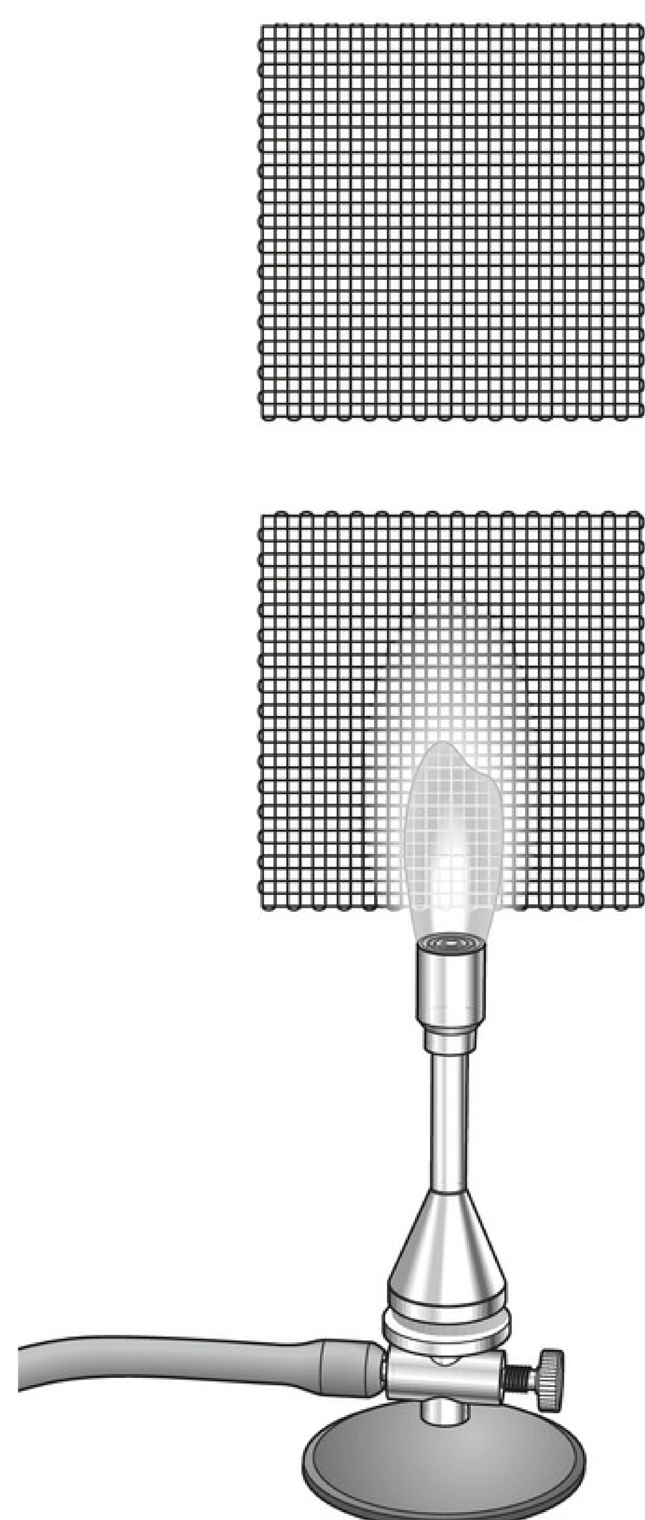
- Houd het gaasje horizontaal in de vlam (zie figuur 6):
  a eerst dertig seconden in de blauwe kern van de vlam;
  b daarna dertig seconden vlak boven de blauwe kern van de vlam;
  c ten slotte dertig seconden boven in de vlam.

6 Teken en kleur in figuur 6 wat je ziet.

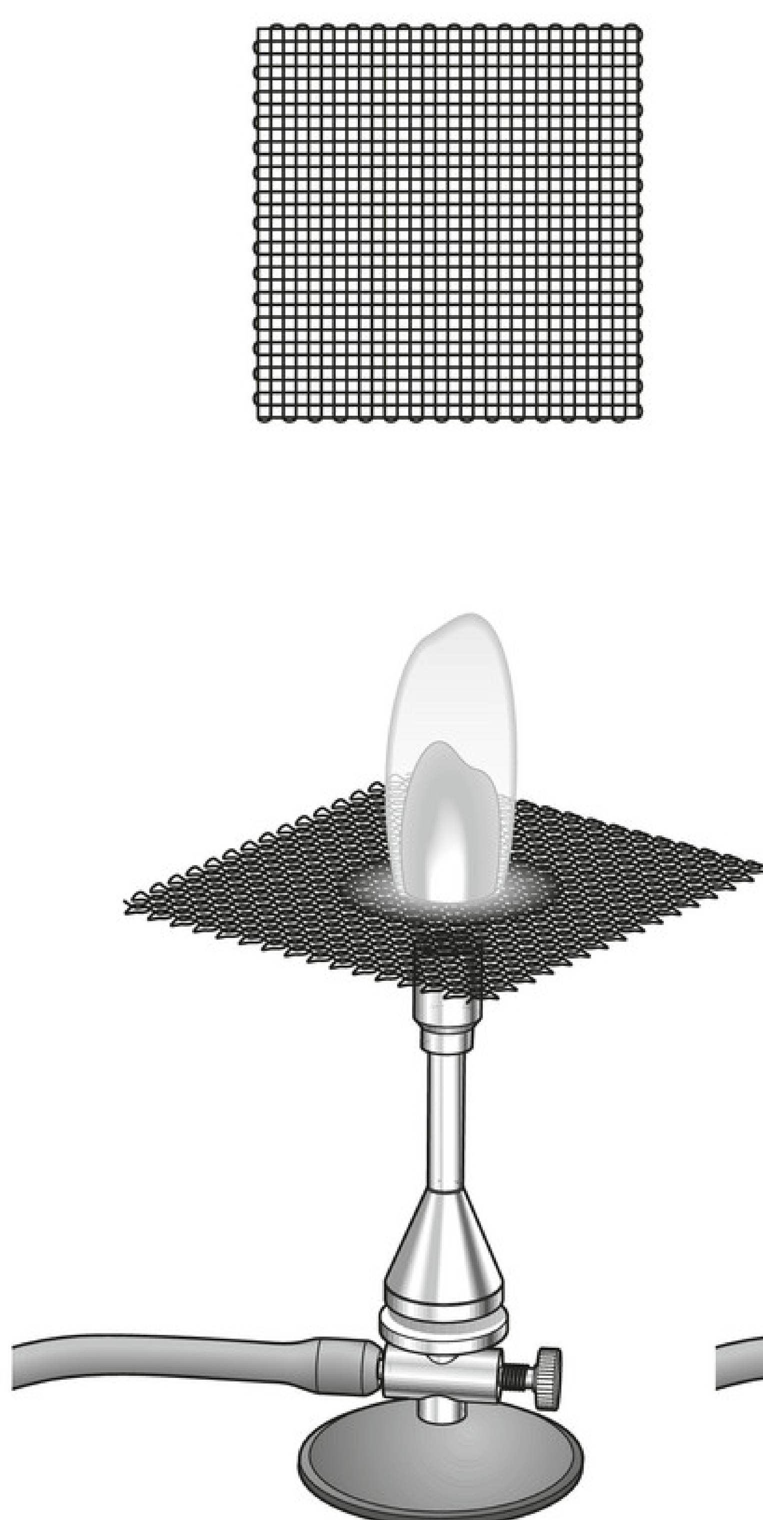
7 Op welke plaats is de vlam het heetst? Waaraan zie je dat?

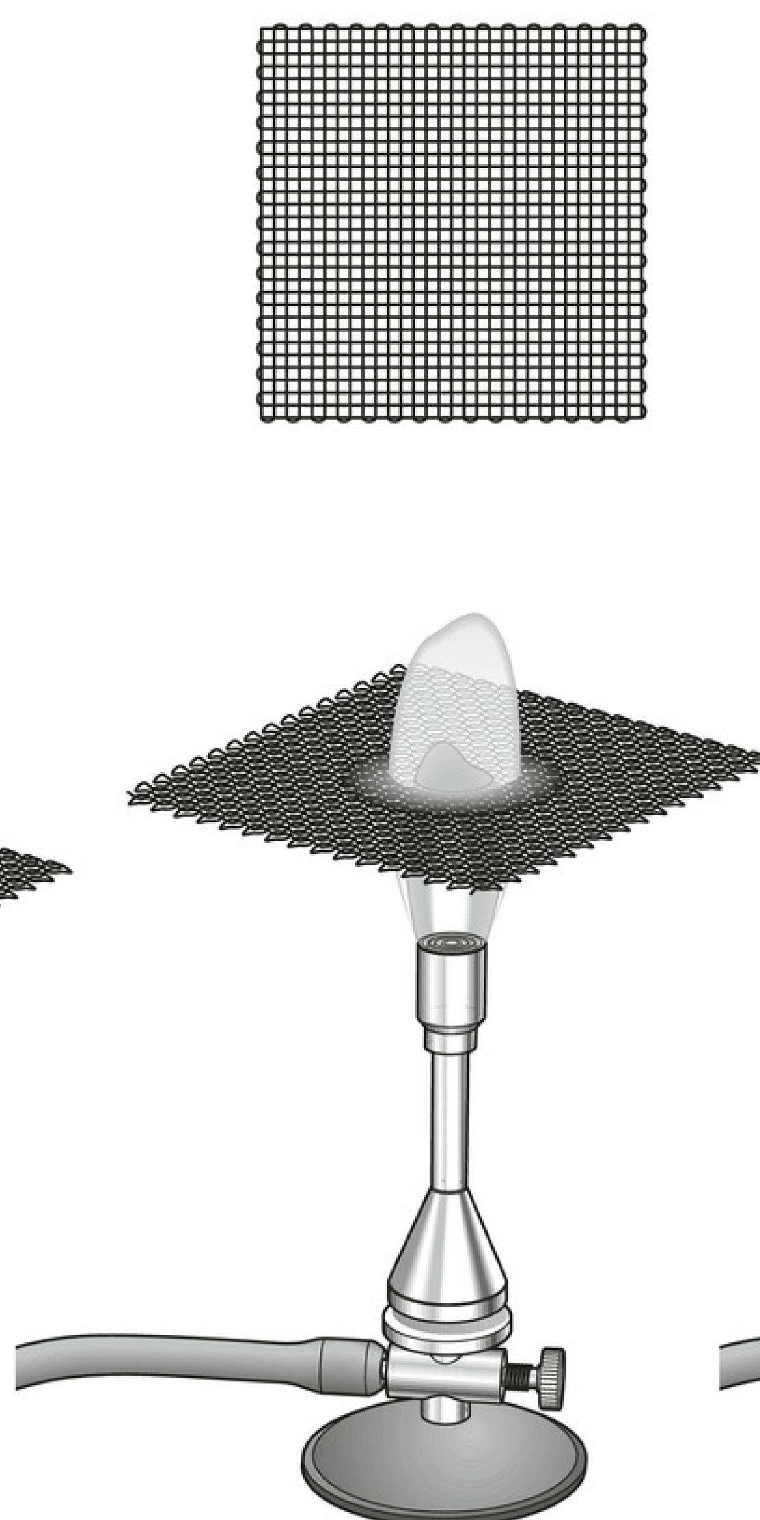
....

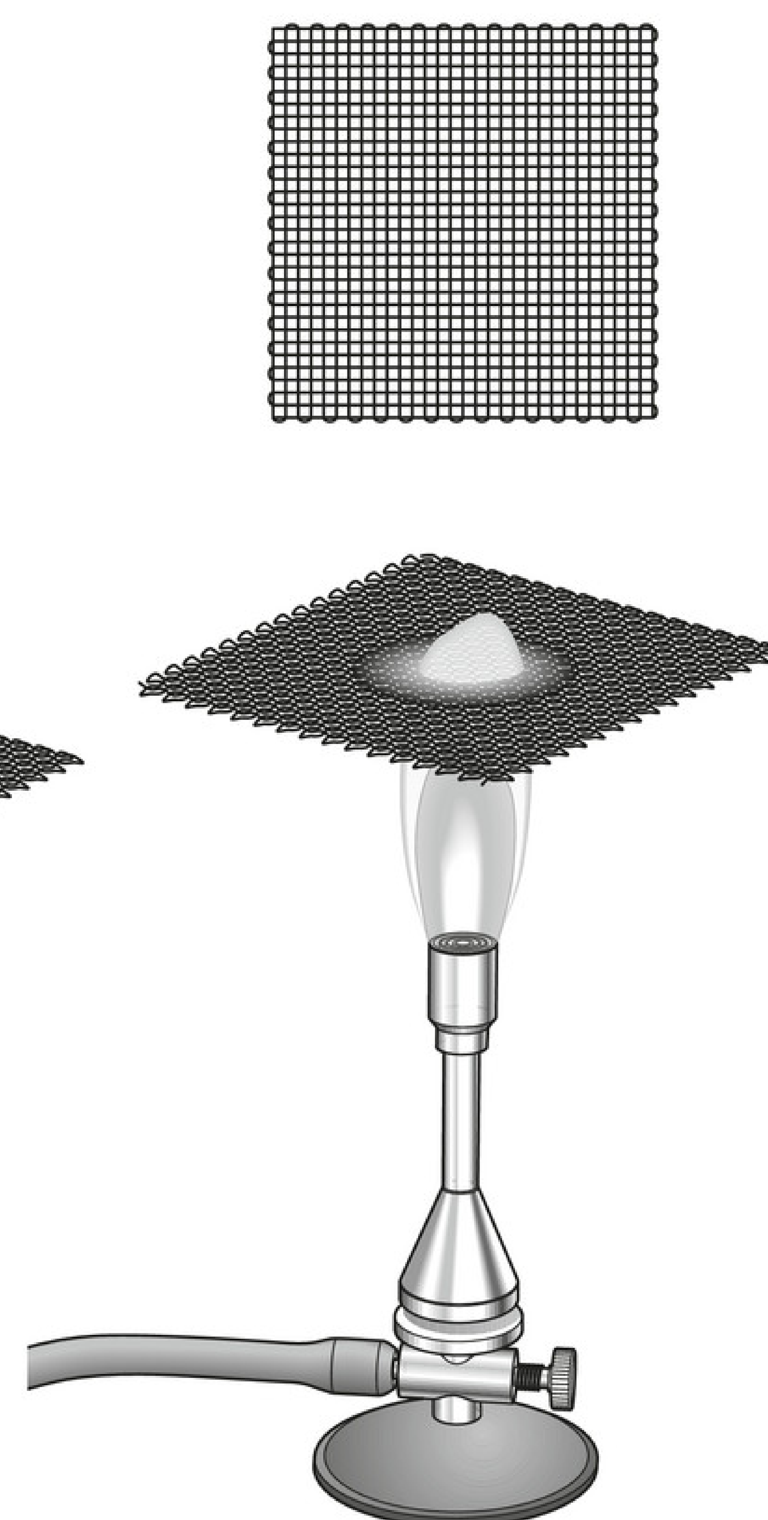
- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.



figuur 5 Het gaasje verticaal in de vlam.







figuur 6 Het gaasje horizontaal in de vlam.

Leerstofoverzicht

1.1 EEN NIEUW VAK

ONTHOUD

- Wetenschap is het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in ons dagelijks leven.
- Biologie, natuurkunde en scheikunde zijn natuurwetenschappen:
  - biologie bestudeert de levende natuur;
  - natuurkunde bestudeert tijdelijke veranderingen in de niet-levende natuur;
  - scheikunde bestudeert blijvende veranderingen in de niet- levende natuur, waarbij stoffen veranderen in andere stoffen.
- De natuurkundige Röntgen ontdekte stralen die onzichtbaar zijn en die door sommige stoffen heengaan. Hij maakte de eerste röntgenfoto's van lichaamsdelen.

BEGRIPPEN

biologie
Schoolvak dat de levende natuur bestudeert.

natuurkunde
Schoolvak dat tijdelijke veranderingen in de niet-levende natuur bestudeert.

natuurwetenschap
Wetenschap die de natuur bestudeert.

röntgenfoto's
Foto's die worden gemaakt met behulp van röntgenstraling. Ze worden veel gebruikt om breuken in botten op te sporen.

scheikunde
Schoolvak dat blijvende veranderingen in de niet-levende natuur bestudeert.

wetenschap
Het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in het dagelijks leven.

1.2 ONDERZOEKEN

ONTHOUD

- Natuurkundig en scheikundig onderzoek gaat volgens de wetenschappelijke methode. Deze bestaat uit een aantal stappen:
  - onderzoeksvraag opstellen;
  - hypothese bedenken;
  - experiment bedenken;
  - experiment uitvoeren;
  - meetresultaten weergeven in een tabel en/of grafiek;
  - onderzoeksvraag beantwoorden.
- Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten. Een meting bestaat uit een meetwaarde en een eenheid. Een eenheid is een maat waarin je iets uitdrukt.
- Voorbeelden van grootheden zijn lengte, tijd, massa en volume.
- De massa geeft de hoeveelheid stof aan in gram of kilogram. Het volume geeft de hoeveelheid ruimte aan die een voorwerp of een hoeveelheid stof inneemt.
- Met een indicator kun je onderzoeken of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is. De indicator verandert van kleur onder invloed van die andere stof.

BEGRIPPEN

eenheid
Maat waarin je iets uitdrukt.

grootheid
Eigenschap die je kunt meten.

hypothese
Voorlopig antwoord; de uitkomst die je vooraf voorspelt.

indicator
Een stof waarmee je de aanwezigheid van een andere stof kunt aantonen.
meetinstrument
Gereedschap om te meten.
meetwaarde
Het getal dat bij de meting wordt bepaald.
onderzoeksvraag
Wat je wilt ontdekken tijdens het onderzoek.
wetenschappelijke methode
Het doen van onderzoek volgens een aantal vaste stappen.
zintuig
Onderdeel van je lichaam waarmee je kunt waarnemen.

1.3 PRACTICUM

ONTHOUD

- Practicum is het uitvoeren van experimenten, waarbij je practicummateriaal gebruikt.
- Je moet altijd voorzichtig experimenteren. Je moet je daarom houden aan de veiligheidsregels.
- Bij het uitvoeren van een experiment moet je waarnemen en meten met behulp van meetinstrumenten.
- Een analoog meetinstrument geeft de meetwaarde aan met een wijzer op een schaalverdeling. De schaalverdeling op een analoog meetinstrument bestaat uit streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen.
- Een digitaal meetinstrument geeft de meetwaarde aan met cijfers op een scherm.
- Bij natuur- en scheikunde gebruik je de brander om stoffen te verwarmen.
- Met de brander kun je drie soorten vlammen maken:
  - De geeloranje pauzevlam gebruik je als je de brander even niet nodig hebt. Deze vlam is het minst heet. Je mag hiermee nooit een bekerglas of reageerbuis verwarmen, omdat er roet bij ontstaat.
  - De stille blauwe vlam gebruik je als je een kleine hoeveelheid vloeistof moet verwarmen of als je iets warm moet houden. Deze vlam is heet.
  - De ruisende blauwe vlam is zeer heet. Deze vlam is voor een groot deel onzichtbaar, want je ziet alleen maar de blauwe kegel oftewel kern. Je gebruikt deze vlam om een grote hoeveelheid vloeistof te verwarmen.

BEGRIPPEN

analoog (meetinstrument)
Meetinstrument met wijzers en een schaalverdeling.
digitaal (meetinstrument)
Meetinstrument met cijfers op een scherm.
gasregelknop
Onderdeel van de brander waarmee je meer of minder gas in de brander kunt laten.
luchtregelring
Onderdeel van de brander waarmee je meer of minder lucht bij het gas kunt laten.
pauzevlam
Geeloranje vlam van de brander.
practicum
Het uitvoeren van experimenten bij natuurkunde en scheikunde.
ruisende blauwe vlam
Heetste blauwe vlam van de brander die geluid maakt.
schaalverdeling
Streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen.
schoorsteen
Buis die boven op de luchtregelring van een brander staat, waarin lucht en gas gemengd worden.
stille blauwe vlam
Geluidloze blauwe vlam van de brander.
veiligheidsregels
Regels waar je je tijdens practicum aan moet houden.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

2 Stoffen

WERKEN MET STOFFEN

Stoffen kom je overal tegen. In de keuken vind je bijvoorbeeld keukenzout, water, olijfolie en afwasmiddel, maar ook metalen als ijzer en aluminium. En je wast je ramen met behulp van ammonia, spiritus of azijn. Op school staan in het scheikundelokaal allerlei stoffen zoals magnesium, jood, zwavelzuur, ether en ethanol. Sommige van die stoffen staan in een aparte chemicaliënkast, omdat ze gevaarlijk zijn.



1 Stofeigenschappen

LEERDOELEN

2.1.1 Je kunt vier stofeigenschappen benoemen die gebruikt worden om stoffen te herkennen.
2.1.2 Je kunt stoffen herkennen aan hun stofeigenschappen.
2.1.3 Je kunt uitleggen in welke gevallen een stof gevaarlijk kan zijn.
2.1.4 Je kunt de betekenis beschrijven van gevarensymbolen.
EXTRA 2.1.5 Je kunt het verschil uitleggen tussen H- en P-zinnen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.1.4	2.1.5
Onthouden	1ab	1c			
Begrijpen	3b, 4ab	3a	2a, 6c	2b	7abc, 9b
Toepassen			6abc		8abcd, 9ac
Analyseren			5		

Je hebt bij het woord laboratorium misschien een beeld van borrelende flesjes en mensen in witte jassen. In werkelijkheid zijn er allerlei soorten laboratoria. De mensen die er werken, werken met veel verschillende stoffen (figuur 1). Ook het scheikundelokaal op school is een soort laboratorium. De stoffen in het scheikundelokaal gebruik je voor scheikundeproeven.



figuur 1 In een laboratorium wordt vaak hard en heel precies gewerkt (het Latijnse *laborare* = zich inspannen).

STOFFEN HERKENNEN

PROEF 1

Sommige stoffen lijken veel op elkaar. Water en alcohol zien er bijvoorbeeld precies hetzelfde uit. Het zijn alle twee heldere, kleurloze vloeistoffen. Als je de stof niet herkent, kan het helpen om aan de stof te ruiken. Veel stoffen hebben een kenmerkende geur waaraan je ze meteen herkent. Denk aan de geur van benzine of de geur van chloorgas dat je in een zwembad ruikt.

Je moet daarbij wel oppassen: sommige stoffen kunnen de slijmvliezen van je neus en je longen irriteren. Ruik daarom voorzichtig: haal de dop van de fles, zwaai met je hand boven de fles heen en weer en snuif een beetje van de damp op (figuur 2). Zo voorkom je dat je te veel van een irriterende stof binnenkrijgt.



figuur 2 Zo kun je veilig aan een fles ruiken.

Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je **stofeigenschappen**. Je kunt ze gebruiken om stoffen van elkaar te onderscheiden. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn:

- geur: alcohol heeft een andere geur dan benzine.
- kleur: koper is rood-oranje, goud is geel, lood is grijs.
- smaak: suiker smaakt zoet, keukenzout smaakt zout.
- **brandbaarheid**: benzine is brandbaar, water niet.

STOFFEN EN VEILIGHEID

Sommige stoffen kunnen gevaarlijk zijn en ook thuis kom je stoffen tegen die risico's opleveren. Spiritus, wasbenzine, chloor en ammonia bijvoorbeeld. Een stof kan gevaarlijk zijn:

- als je de stof inademt (bijvoorbeeld benzinedamp);
- als je de stof inslikt (bijvoorbeeld spiritus);
- als je de stof op je huid, in je ogen of op je kleren krijgt (bijvoorbeeld bleekmiddel);
- als je met vuur bij de stof komt (bijvoorbeeld alcohol);
- als je de stof met een andere stof mengt (bijvoorbeeld toiletreiniger gemengd met urine).

Daarom staan er waarschuwingen op de verpakkingen van gevaarlijke stoffen. De gevaren worden bovendien aangegeven met pictogrammen. Zo'n pictogram heet ook wel een **gevarensymbool**. In figuur 3 zie je zes gevarensymbolen met hun betekenis.

figuur 3 Zes gevarensymbolen en hun betekenis.

pictogram	betekenis + uitleg
	corrosief kan materialen, ogen en huid ernstig aantasten
	explosief kan door een vonk of schok ontploffen
	ontvlambaar kan heel gemakkelijk in brand vliegen
	oxiderend kan brandbare stoffen heviger laten branden
	giftig kan je ernstig ziek maken / dodelijk zijn
	schadelijk, irriterend is schadelijk, kan ogen en huid irriteren

Onderzoekers zijn uitgebreid getraind om veilig te werken. Ontvlambare stoffen bijvoorbeeld bergen ze zo op dat de stoffen niet in de buurt van vuur kunnen komen. Sommige stoffen zijn zo gevaarlijk dat ze in een speciale kast of kluis geplaatst moeten worden (figuur 4). Daarin moet ook een afzuigsysteem zitten.



figuur 4 Het woord laboratorium wordt vaak afgekort tot lab. In een lab moeten sommige stoffen veilig opgeborgen worden.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

EXTRA H-ZINNEN EN P-ZINNEN

In figuur 5 zie je het etiket van een pot waarin natriumhydroxide zit. Dat is een stof die bijvoorbeeld gebruikt wordt als gootsteenontstopper en bij de fabricage van zeep en kleurstoffen. Op het etiket staan behalve pictogrammen ook H- en P-zinnen. Een H-zin geeft aan voor welk gevaar je moet oppassen. De H staat voor *hazard*, ofwel gevaar. Een P-zin geeft aan welke veiligheidsmaatregelen je moet nemen. De P staat voor *precaution*, ofwel voorzorgsmaatregel.

Natriumhydroxide is een corrosieve stof en kan ogen en huid ernstig aantasten. De H-zin op het etiket maakt het gevaar duidelijk: de stof veroorzaakt ernstige brandwonden. In de P-zinnen staan passende voorzorgsmaatregelen, zoals in P262: contact met de ogen, de huid of de kleding vermijden. Een fabrikant van stoffen mag de H- en P-zinnen niet zelf bedenken, maar moet zich houden aan een officieel vastgestelde lijst: het GHS (*Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals*).

Voor 2015 werd er een systeem gebruikt met R- en S-zinnen. De R stond voor *risk* (gevaar) en de S voor *safety* (veiligheid). Op internet kom je nog veel verouderde informatie over dit systeem tegen.



figuur 5 De veiligheidsinformatie voor natriumhydroxide.

1

Elke stof heeft stofeigenschappen.

a Leg uit wat wordt bedoeld met een ‘stofeigenschap’.

b Geef vier stofeigenschappen.

c Noteer een kenmerkende stofeigenschap van elk van de volgende stoffen: azijn, goud, benzine, suiker, olijfolie en diamant.

2

Op een tafel in een laboratorium staan drie stoffen:

- een corrosieve stof;
- een ontvlambare stof;
- een oxiderende stof.

a Leg van elke stof uit waarom deze gevaarlijk is.

b Geef van elke stof aan welk symbool erbij hoort.

A corrosieve stof ○ ○ 1



B ontvlambare stof ○ ○ 2



C oxiderende stof ○ ○ 3



D giftig ○ ○ 4



E schadelijk, irriterend ○ ○ 5



F explosief ○ ○ 6



3

Carlo heeft in zijn schuur een fles met mineraalwater, een fles met alcohol en een fles met wasbenzine staan. Na verloop van tijd zijn de etiketten op de flessen onleesbaar geworden. Bovendien zien de drie flessen er precies hetzelfde uit en zijn ze afgesloten.

a Hoe kan hij erachter komen welke stof in welke fles zit?

b Aan welke stofeigenschap kan hij deze stoffen dus herkennen?

4

Een stof kan er bij verschillende temperaturen verschillend uitzien.

a Hoe kan kaarsvet eruitzien?

b Hoe kan water eruitzien?

★ 5

Gevaarlijke stoffen die op school aanwezig zijn, moeten op een lijst gezet worden. De lijst moet regelmatig gecontroleerd worden en ook de brandweer moet weten welke stoffen er zijn en waar ze staan.

Van welke drie soorten gevaarlijke stoffen is het voor de brandweer het belangrijkst om te weten of ze aanwezig zijn? Leg ook uit waarom dit zo is.

★ 6 Als je met gevaarlijke stoffen werkt, geldt de regel: voorkomen is beter dan genezen. Een rokende automobilist doet daarom eerst zijn sigaret uit voor hij benzine gaat tanken.
Bedenk een passende veiligheidsmaatregel voor iemand:

a die in een lab met natriumhydroxide werkt (corrosief).
b die een deur voor het schilderen reinigt met een sterk verdunde ammoniakoplossing (irriterend voor de ogen, de huid en slijmvliezen van neus en longen).
c die een vetvlek uit zijn broek haalt met wasbenzine.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA H-ZINNEN EN P-ZINNEN

7 Op het etiket van een fles brandspiritus staan zes zinnen:

A Ontvlambare vloeistof en damp.
B In goed gesloten verpakking bewaren.
C Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen. – Niet roken.
D Schadelijk bij inslikken.
E Buiten het bereik van kinderen bewaren.
F NA INSLIKKEN: onmiddellijk het antigifcentrum of een arts raadplegen.

a Zet bij elke zin of het om een H-zin of P-zin gaat.
b In welke zinnen staan maatregelen om ongelukken te voorkomen?

☐ A ☐ D
☐ B ☐ E
☐ C ☐ F

c Welke zin vertelt je wat je moet doen als er toch iets fout gaat?

○ A ○ D
○ B ○ E
○ C ○ F

8 Zoek en noteer een P-zin die je kunt tegenkomen:

a op de verpakking van een corrosieve stof.
b op de verpakking van een giftige stof.
c op de verpakking van een ontvlambare stof.
d op de verpakking van een oxiderende stof.

★ 9 Een verstopte afvoer kun je weer open maken door er ontstopper in te gieten. Die vloeistof bevat de stof natriumhydroxide.

a Door welke eigenschap van natriumhydroxide doet de ontstopper zijn werk? Licht je antwoord toe.
b Op het etiket van een fles vloeibare ontstopper staat:
…280: Beschermende kledij dragen.
Leg uit welke letter voor het getal 280 hoort te staan.
c Op een ander etiket staat:
P101: Bij het inwinnen van medisch advies, de verpakking of het etiket ter beschikking houden.
Waarom is het belangrijk dat je de arts het etiket laat zien?

2 Zuivere stoffen en mengsels

LEERDOELEN

2.2.1 Je kunt het verschil aangeven tussen zuivere stoffen en mengsels.
2.2.2 Je kunt de concentratie van een opgeloste stof berekenen.
2.2.3 Je kunt uitleggen wat een molecuul is en uit welke moleculen zuivere stoffen en mengsels bestaan.
2.2.4 Je kunt oplossingen en suspensies onderscheiden.
2.2.5 Je kunt beschrijven hoe je stoffen kunt scheiden door middel van extraheren of filtreren.
2.2.6 Je kunt de werking van alcohol als oplosmiddel uitleggen.
EXTRA 2.2.7 Je kunt bij mengsels de concentratie en het volumeprocent van opgeloste stoffen berekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	2.2.5	2.2.6	2.2.7
Onthouden	1f		6b	1cd		7a	9a
Begrijpen	1e			1b, 2abcd, 3abc	1a, 4ab, 5b	7b	9b
Toepassen		8ab	6c	6a	5a, 6ac	7c	10a, 11a
Analyseren					5c, 8c		10b, 11b

Water uit de kraan bestaat uit veel meer stoffen dan alleen water. Door stoffen te combineren, verandert de smaak van het water. Daarom kun je in de supermarkt ook kiezen uit meerdere soorten bronwater, die allemaal net iets anders smaken.

MENGSELS EN ZUIVERE STOFFEN

In het dagelijks leven noem je sommige stoffen ‘puur’ of ‘zuiver’. Een oude munt kan van puur zilver zijn en de alcohol voor het ontsmetten van een wond noemen mensen vaak pure alcohol. Bronwater uit een fles wordt ook wel zuiver water genoemd. Iedereen begrijpt wat er met die woorden bedoeld wordt, maar let op! Bij nask gebruik je nooit het woord ‘puur’ en je noemt een stof alleen maar ‘zuiver’ als er maar één stof in zit. Bij nask zit er in zuiver water dus alleen maar de stof water en niets anders. Als er een andere stof is toegevoegd, is het een **mengsel**. Een mengsel bevat dus altijd twee of meer stoffen.

Stoffen die geen mengsels zijn, worden **zuivere stoffen** genoemd. Een voorbeeld van zo’n zuivere stof is kristalsuiker (figuur 1). In een pak suiker zit alleen maar suiker; er zitten geen andere stoffen doorheen. Ook keukenzout waar geen jodium aan is toegevoegd, is een zuivere stof.
Bronwater is geen zuiver water, maar een mengsel van water en mineralen. Sieraden zijn bijna nooit van zuiver goud, omdat dat te zacht is. Daarom worden er andere metalen aan toegevoegd.

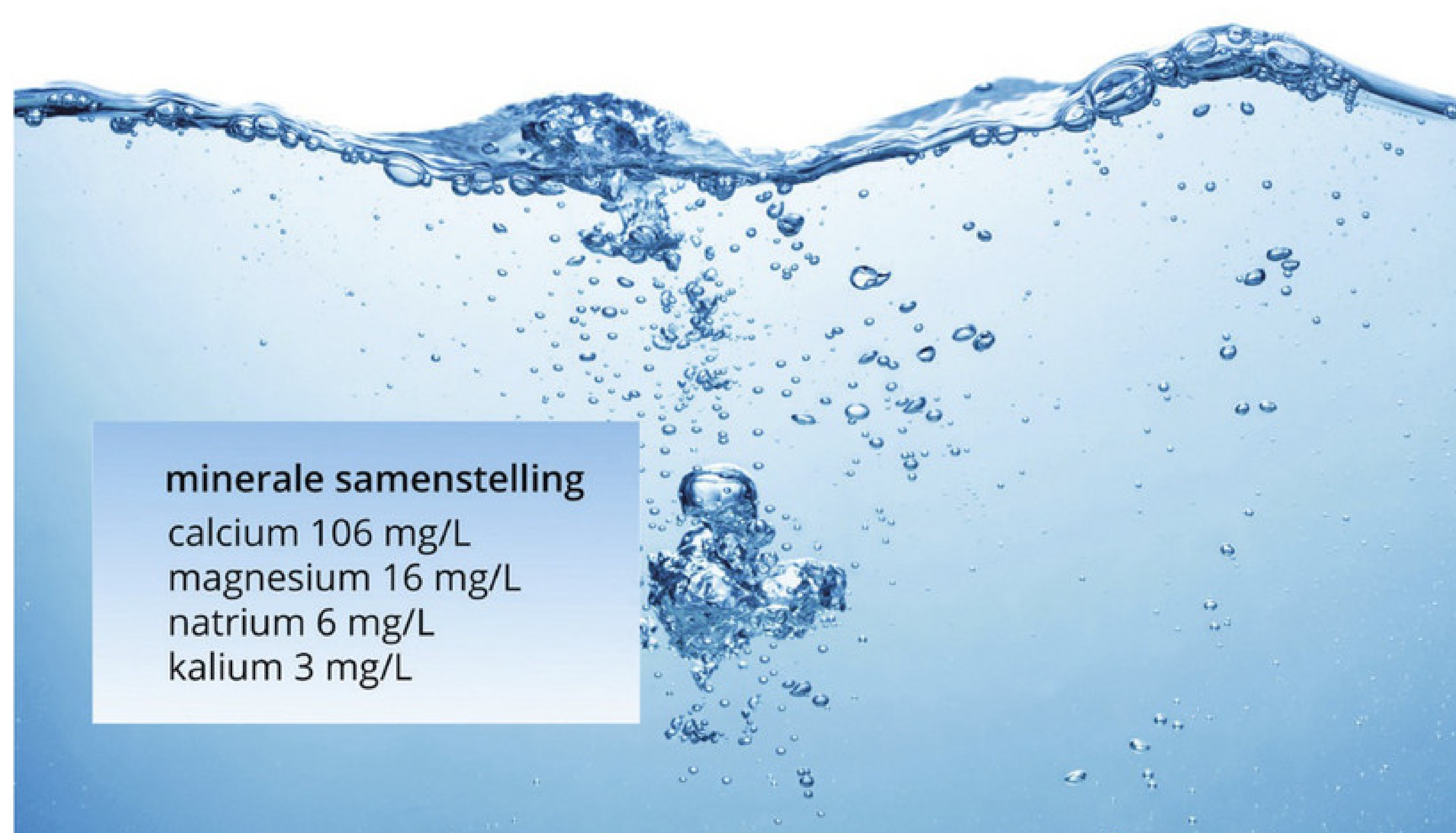


figuur 1 Kristalsuiker.

DE SAMENSTELLING VAN MENGSELS

Soms is het belangrijk om te weten wat de precieze samenstelling van een mengsel is. Je wilt niet alleen weten welke stoffen er in het mengsel zitten, maar ook in welke hoeveelheden. Er zijn verschillende manieren om dat aan te geven.

Bij drinkwater wordt de **concentratie** van de opgeloste stoffen vaak aangegeven in milligram per liter. Het mineraalwater in figuur 2 bevat bijvoorbeeld 106 mg calcium per liter. Dat betekent dat een liter van dit mineraalwater 106 milligram calcium bevat. In een flesje van 500 mL (= 0,5 L) zit dus 106 × 0,5 = 53 mg calcium.

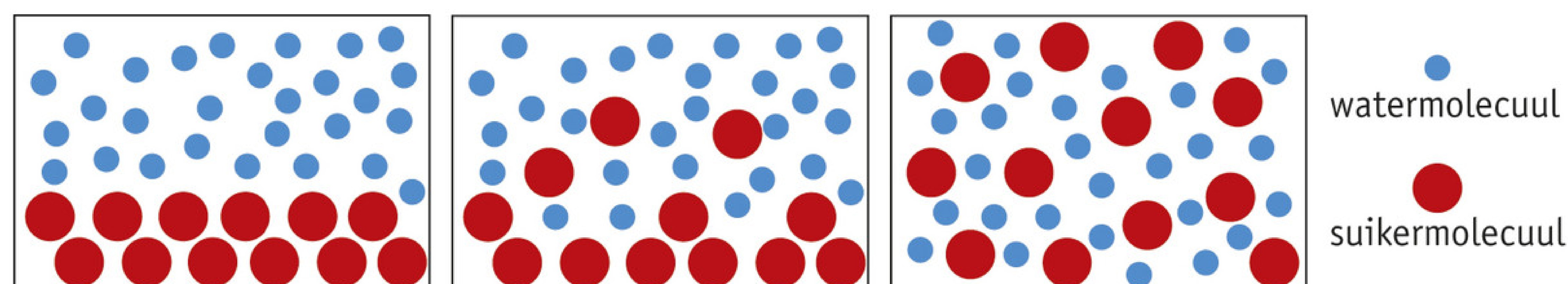


figuur 2 De informatie op een flesje mineraalwater.

OPLOSSINGEN

Als je een vaste stof mengt met een vloeistof en die vloeistof wordt na flink roeren niet troebel, dan heb je een **oplossing** gemaakt. De vloeistof is dan het oplosmiddel. De stof die in het oplosmiddel zit, wordt de opgeloste stof genoemd. Er kunnen ook meerdere stoffen zijn opgelost.
Een voorbeeld van een oplossing krijg je als je suiker in heet water doet en goed roert. Je ziet dan dat de suikerkorreltjes verdwijnen. Je zegt dat de suiker oplost in het water. Dat de suiker niet echt verdwenen is, merk je als je de oplossing proeft: die smaakt nu zoet.

Stoffen bestaan uit kleine deeltjes die **moleculen** worden genoemd. Als een vaste stof zoals suiker oplost, verspreiden de moleculen van die stof zich tussen de moleculen van het oplosmiddel. In figuur 3 zie je hoe je je dat kunt voorstellen. Na een tijdje is de vaste stof volledig opgelost. De moleculen van de opgeloste stof worden dan aan alle kanten omringd door moleculen van het oplosmiddel.



figuur 3 Als suiker oplost, verspreiden de suikermoleculen zich tussen de watermoleculen.

SUSPENSIES

PROEF 2

Oplossingen zijn helder en blijven altijd gemengd. Als je een suikeroplossing een jaar lang afgesloten laat staan, dan is deze nog net zo helder als op de dag dat je de oplossing maakte. Als een mengsel troebel (ondoorzichtig) wordt en na verloop van tijd ontmengt, kan het geen oplossing zijn.
Een voorbeeld hiervan is verf. Als je een pot met verf een tijd laat staan, is de vloeistof in de pot onderin veel dikker dan bovenin. Dat komt doordat verf een mengsel is van twee vloeistoffen (bindmiddel en verdunner) waarin verfdeeltjes zitten. Die verfdeeltjes (het pigment) bepalen de kleur. Als je een pot lange tijd laat staan, zakken de verfdeeltjes naar de bodem. Verf is dus geen oplossing. Verf is een voorbeeld van een **suspensie**: een vloeistof waarin een fijn verdeelde vaste stof zweeft. Je moet verf daarom altijd eerst goed roeren voordat je gaat verven.

DE GROOTTE VAN MOLECULEN

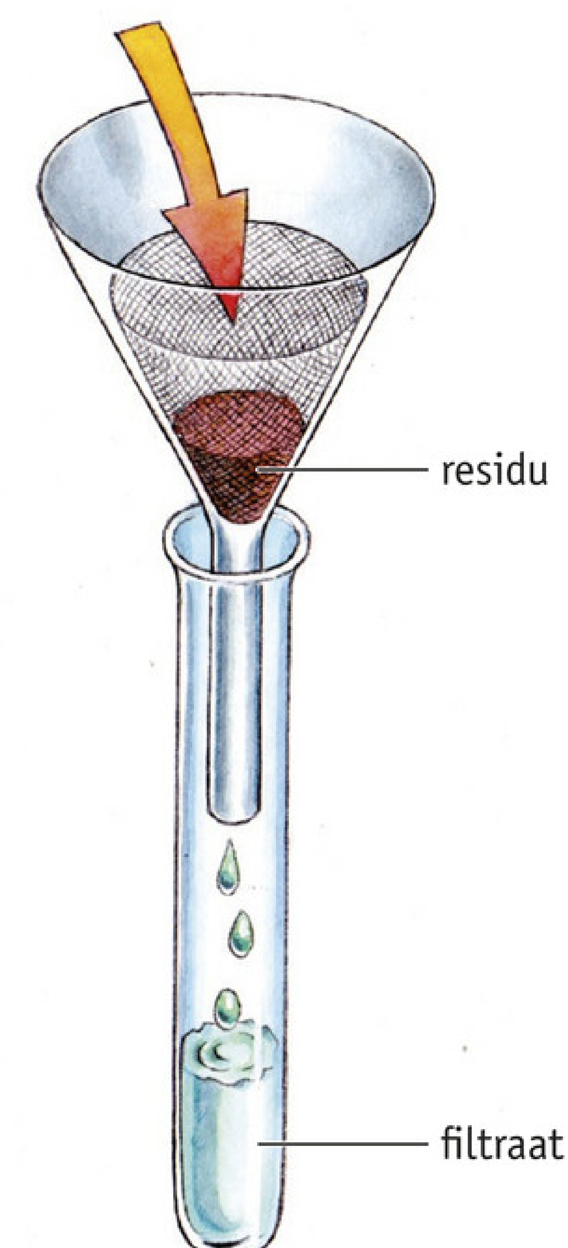
Moleculen zijn onvoorstelbaar klein. Hun afmetingen worden daarom gemeten in nanometers. Eén nanometer is een miljardste deel van een meter: 1 nm = 0,000 000 001 m. De diameter van een watermolecuul is ongeveer 0,15 nanometer. Een suikermolecuul is iets groter, met een diameter van 1 nanometer.

Stel je voor dat je een pingpongbal kunt ‘opblazen’ tot de grootte van de aarde. Als je een watermolecuul op dezelfde manier zou ‘opblazen’, zou die even groot worden als de pingpongbal. De aarde is ongeveer 300 miljoen keer zo groot als een pingpongbal, en een pingpongbal is ongeveer 300 miljoen keer zo groot als een watermolecuul (figuur 4).

figuur 4 Van een watermolecuul naar een pingpongbal is een even grote stap als van een pingpongbal naar de aarde.



Omdat moleculen zo klein zijn, kunnen ze ook door heel kleine openingen stromen. Dat merk je als je een oplossing in een filter giet. Er blijft niets in het filter achter. De moleculen kunnen het filter passeren door kleine openingen (poriën) tussen de papiervezels. Ook al zijn die openingen voor mensen niet zichtbaar, voor moleculen zijn het enorme gaten.



figuur 5 Filtreren.

FILTREREN EN EXTRAHEREN

PROEF 3

Je kunt stoffen in een mengsel op allerlei manieren van elkaar scheiden. In figuur 5 zie je hoe dat gaat bij een suspensie. Je giet de suspensie op een filtreerpapiertje dat in een (glazen) trechter of in een andere filterhouder zit. De vloeistof kan door het filter heen, maar de vaste deeltjes blijven achter op het filtreerpapier. Wat in het filter achterblijft na het filtreren, is het **residu** (van het Latijnse *residere* = overblijven). Wat wel door het filter heen loopt, is het **filtraat**. Bij experimenten op school zul je af en toe **filtreren**.

Je kunt stoffen ook scheiden door te **extraheren**. De naam extraheren komt van de Latijnse woorden *ex* = uit en *trahere* = trekken. Extractie wordt bijvoorbeeld toegepast bij het maken van parfums. Als je in een filter rozenblaadjes legt en er daarna een geschikte vloeistof overheen giet, zul je zien dat het filtraat een beetje de kleur en de geur van de blaadjes aanneemt. Je gebruikt de vloeistof dan als oplosmiddel om de geur- en kleurstoffen uit de bloemblaadjes te halen.

ALCOHOL ALS OPLOSMIDDEL

Er zijn stoffen die niet in water oplossen, zoals vetten en oliën. Voor deze stoffen heb je een ander oplosmiddel nodig, zoals alcohol of wasbenzine. Je kunt alcohol bijvoorbeeld gebruiken om voorwerpen vetvrij te maken. Je doet alcohol op een doek en daarna veeg je ermee over het voorwerp. Het vet lost dan op in de alcohol.

Alcohol wordt in allerlei producten als oplosmiddel gebruikt. Voorbeelden zijn parfum (figuur 6), deodorant en bepaalde soorten inkt en lak. Sommige stiften hebben inkt ‘op alcoholbasis’. Als je met zo’n stift schrijft of tekent, verdampt de alcohol en blijven de kleurstoffen achter.



figuur 6 In parfum zit vaak alcohol als oplosmiddel voor de geurstoffen.

De stof die mensen in het dagelijks leven alcohol noemen, heet in de scheikunde ethanol. Als er op een etiket ethanol staat, wordt daarmee ‘gewone’ alcohol bedoeld: dezelfde stof die in bier en wijn zit. Scheikundigen gebruiken het woord alcohol als een verzamelnaam voor een hele groep stoffen. Voor hen is ethanol een van de vele soorten alcohol.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA LEGERING

Als je een gouden ring koopt, is het belangrijk om te weten welk percentage zuiver goud in de legering zit. Een legering is een mengsel van een metaal met andere stoffen, vaak ook metalen. Het percentage zuiver goud wordt aangegeven met de eenheid karaat. Een 24-karaats gouden ring bestaat voor 100% uit goud. Als een ring voor 37,5% van zuiver goud is gemaakt, wordt de ring aangeduid als 0,375 × 24 = 9 karaat. In de ring wordt een speciaal keurteken geplaatst, om aan te geven dat het gaat om 9-karaats goud (figuur 7).



figuur 7 Een 9-karaats gouden ring met keurteken.

Goud is niet alleen zeldzaam en duur, maar ook heel zacht. Daarom wordt er een legering gemaakt met andere metalen. Niet alleen (gouden) sieraden zijn meestal legeringen, maar ook staal en messing zijn legeringen. Door verschillende metalen te combineren, kun je de eigenschappen van de legering precies goed maken voor een bepaalde toepassing. Soms moet een legering heel sterk zijn, zoals bijvoorbeeld staal. Maar soms wil je dat een legering heel 'licht' is. Hiervoor wordt vaak een mengsel met aluminium of magnesium gebruikt.

1 Zijn de volgende uitspraken waar of onwaar?

a Als je koffie zet, gebruik je water als oplosmiddel. *waar* / *onwaar*
b Oplossingen zijn altijd kleurloos (net zoals water). *waar* / *onwaar*
c Een suspensie blijft op den duur niet gemengd. *waar* / *onwaar*
d Een suspensie is altijd helder: je kunt erdoorheen kijken. *waar* / *onwaar*
e Suspensies en oplossingen zijn geen zuivere stoffen. *waar* / *onwaar*
f De meeste stoffen in het dagelijks leven zijn mengsels. *waar* / *onwaar*

2 Geef van elk van de volgende stoffen aan of het een oplossing of een suspensie is en waarom dat zo is.

a Thee met suiker is een *oplossing* / *suspensie,* want de vloeistof is *troebel* / *helder*. De vloeistof blijft *wel* / *niet* goed gemengd.
b Sinaasappelsap is een *oplossing* / *suspensie*. De vloeistof blijft *wel* / *niet* goed gemengd, want de sliertjes vruchtvlees zakken *wel* / *niet* naar de bodem.
c Bij een mengsel van fijn zand en water zakt het zand na lange tijd *wel* / *niet* naar de bodem, dus het mengsel is een *oplossing* / *suspensie*.
d Cola is een *oplossing* / *suspensie,* want de vloeistof is *helder* / *troebel* en blijft *wel* / *niet* goed gemengd.

3 Charlotte doet een spatelpunt wit poeder in een reageerbuis. Ze voegt gedestilleerd water toe en schudt. In figuur 8 zie je hoe de inhoud van de reageerbuis eruitziet: meteen na het schudden (links) en één uur later (rechts).

a Waaraan zie je dat het witte poeder niet is opgelost?

b Welk soort mengsel is er na het schudden ontstaan?
oplossing / suspensie

c Wat is er na een uur met het mengsel gebeurd?



figuur 8 De proef van Charlotte.

4 Met een theezakje kun je theezetten (figuur 9).

a Is dit extraheren, filtreren of allebei? Licht je antwoord toe.

b Wat is bij figuur 9 het oplosmiddel, het filter, het filtraat en het residu?



figuur 9 Theezetten.

★ 5 In de uitlaatgassen van auto's met een dieselmotor zitten kleine roetdeeltjes. Die deeltjes adem je in en dat is schadelijk voor je gezondheid. Elke dieselauto heeft daarom een roetfilter.

a Wat is de functie van het roetfilter?

b Leg uit waarom het roetfilter na een paar honderd kilometer niet meer goed werkt.

c Het probleem wordt opgelost door na een paar honderd kilometer het filter automatisch schoon te branden.
Wat gebeurt er tijdens de verbranding in het filter?

★ 6 Soms kun je de stoffen in een mengsel scheiden door het mengsel te filtreren.

a Leg uit waarom dat wel lukt met een suspensie en niet lukt met een oplossing.

b Stel je voor: iemand maakt een model van watermoleculen. De watermoleculen krijgen in dit model de grootte van een pingpongbal.
Hoeveel keer is de pingpongbal groter een watermolecuul?

c De grootste openingen in papieren filters hebben een doorsnede van 25 micrometer (0,000 025 m).
Bereken hoe groot de grootste openingen in het filter zijn als je dezelfde schaal gebruikt.

7 Ethanol is een bestanddeel van allerlei producten.

a Hoe heet ethanol in het dagelijks leven (en op het etiket van veel producten)?

b Waarom wordt ethanol als oplosmiddel in parfums gebruikt?

c Klieren in je huid produceren huidvet dat de huid tegen uitdroging beschermt.
Leg uit hoe het komt dat je huid droog aanvoelt als die veel met ethanol in aanraking komt.

★ 8 In de Warenwet staat dat een vloeistof alleen als azijn verkocht mag worden als er minstens 4 g azijnzuur per 100 mL vloeistof in zit.

a Hoe groot moet de concentratie azijnzuur in g/L dus op zijn minst zijn?

b Bauke gebruikt 40 mL azijn bij een scheikundeproef. Bereken hoeveel gram azijnzuur hij daarbij gebruikt.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA LEGERING

9 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat betekent het woord ‘karaat’ bij een gouden ring?

b In een advertentie biedt een handelaar “100% karaat gouden armbanden” aan.
Wat zal de handelaar waarschijnlijk bedoelen?

10 Natasja krijgt van haar vriendin een 14-karaats gouden ring. De ring weegt 5,0 g.

a Hoeveel gram zuiver goud zit er in de ring?

b Er was ook een 18-karaats gouden ring te koop van 5,0 g. 1,0 g zuiver goud kost € 50.
Bereken hoeveel de juwelier meer moet betalen aan zuiver goud, om de 18-karaats gouden ring te maken in plaats van de 14-karaats gouden ring.

11 In 2019 werd er wereldwijd 28 000 000 kg ‘18/10 rvs’ (bepaalde soort roestvast staal) geproduceerd. 18/10 rvs bestaat uit 70% ijzer, 18% chroom, 10% nikkel en 2% andere stoffen.

a Hoeveel kg chroom was er in 2019 gemiddeld per dag nodig voor de productie van 18/10 rvs? Rond af op een geheel getal.

b Door chroom te gebruiken in rvs, is de legering veel beter bestand tegen roesten.
Noteer twee redenen waarom het roesten van staal ongewenst is.

3 Massa en volume

LEERDOELEN

2.3.1 Je kunt de massa van een hoeveelheid stof bepalen.
2.3.2 Je kunt het verschil tussen massa en gewicht uitleggen.
2.3.3 Je kunt het volume van een hoeveelheid vloeistof bepalen.
2.3.4 Je kunt het volume van een rechthoekig voorwerp en een cilinder berekenen.
2.3.5 Je kunt het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm bepalen.
EXTRA 2.3.6 Je kunt rekenen met Brits-Amerikaanse eenheden.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.5	2.3.6
Onthouden						11a
Begrijpen	1abcdefghij, 3abcd	10a	2abcdefghij, 4b		8	
Toepassen	9	10b	4a	5, 7ab	6	11bcd, 12ac, 13bc
Analyseren						12b, 13ad

Het gebeurt regelmatig dat je een bepaalde hoeveelheid van een stof moet gebruiken: niet meer, niet minder. Bij het bakken van pannenkoeken moet je er bijvoorbeeld op letten dat je niet te veel, maar ook niet te weinig melk in het beslag doet. Ook bij scheikundeproeven moet je goed op de hoeveelheden letten. Vooral bij medicijnen is het heel belangrijk dat ze precies de juiste hoeveelheid werkzame stof bevatten.

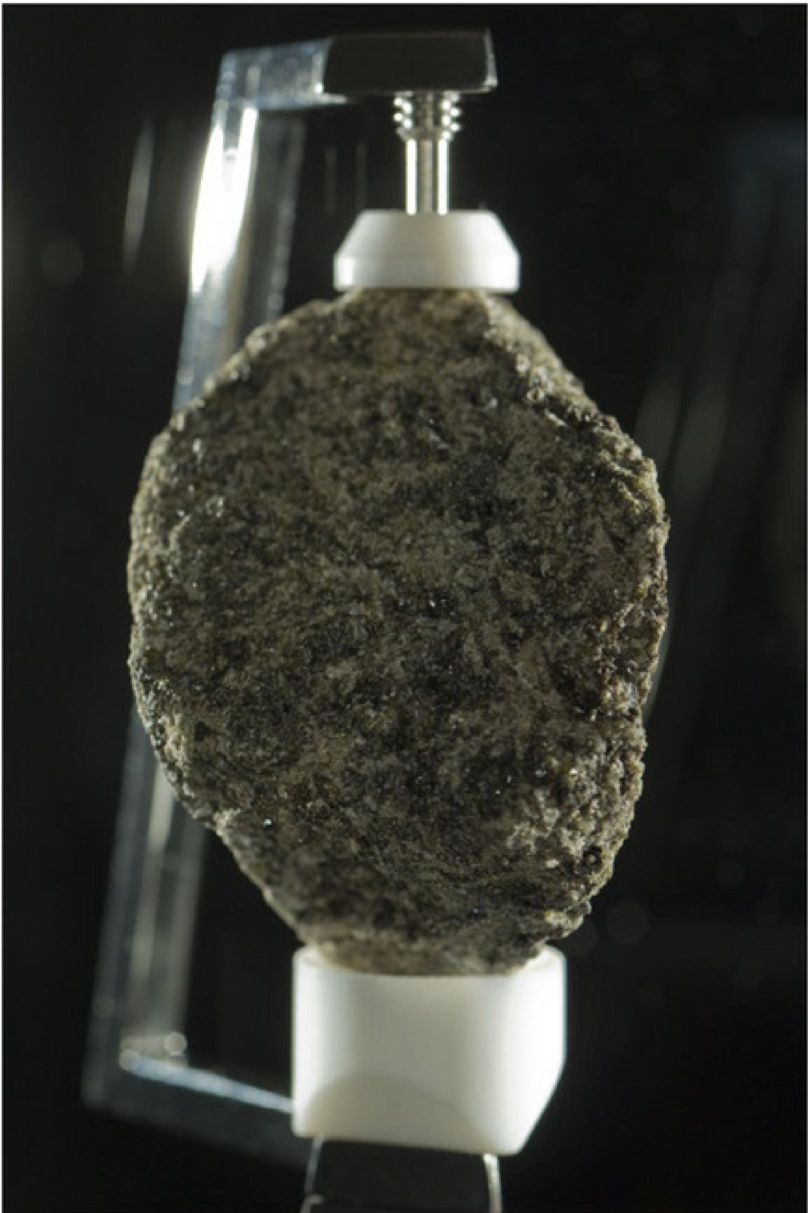
MASSA

De **massa** is een maat voor de hoeveelheid stof: twee keer zoveel massa betekent dat je twee keer zoveel stof hebt. Je kunt ook zeggen: een twee keer zo grote massa van een stof bevat twee keer zoveel moleculen van die stof.

De internationale eenheid van massa is de kilogram (kg). Je zegt dat de grootheid massa wordt gemeten in de eenheid kilogram. Van de kilogram en de gram zijn verschillende grotere en kleinere eenheden afgeleid, zoals de ton (t) en de milligram (mg).

Onthoud:
- 1 t = 1000 kg
- 1 kg = 1000 g
- 1 g = 1000 mg

Het woord massa gebruik je niet in het dagelijks leven. Je zegt bijvoorbeeld: “Mijn fiets weegt 12,4 kg” of: “Het gewicht van mijn fiets is 12,4 kg”. In de natuurkunde mag je dat niet zeggen: daar zijn massa en gewicht twee verschillende dingen. In de natuurkunde zeg je: “De massa van mijn fiets is 12,4 kg.” Er is een goede reden voor dat verschil. De massa van je fiets hangt af van het aantal en de soort moleculen waaruit je fiets bestaat. Het gewicht van je fiets is iets anders. Dat is de kracht die je voelt als je je fiets optilt. Hoe groot het gewicht is, hangt dus niet alleen af van de massa, maar ook van de sterkte van de zwaartekracht.



figuur 1 Deze maansteen heeft een massa van 213 gram. Hij werd in 1969 meegenomen door astronauten van de Apollo 11.

Als een astronaut een maansteen meeneemt naar de aarde, blijft de hoeveelheid stof en dus de massa van die steen hetzelfde (figuur 1).

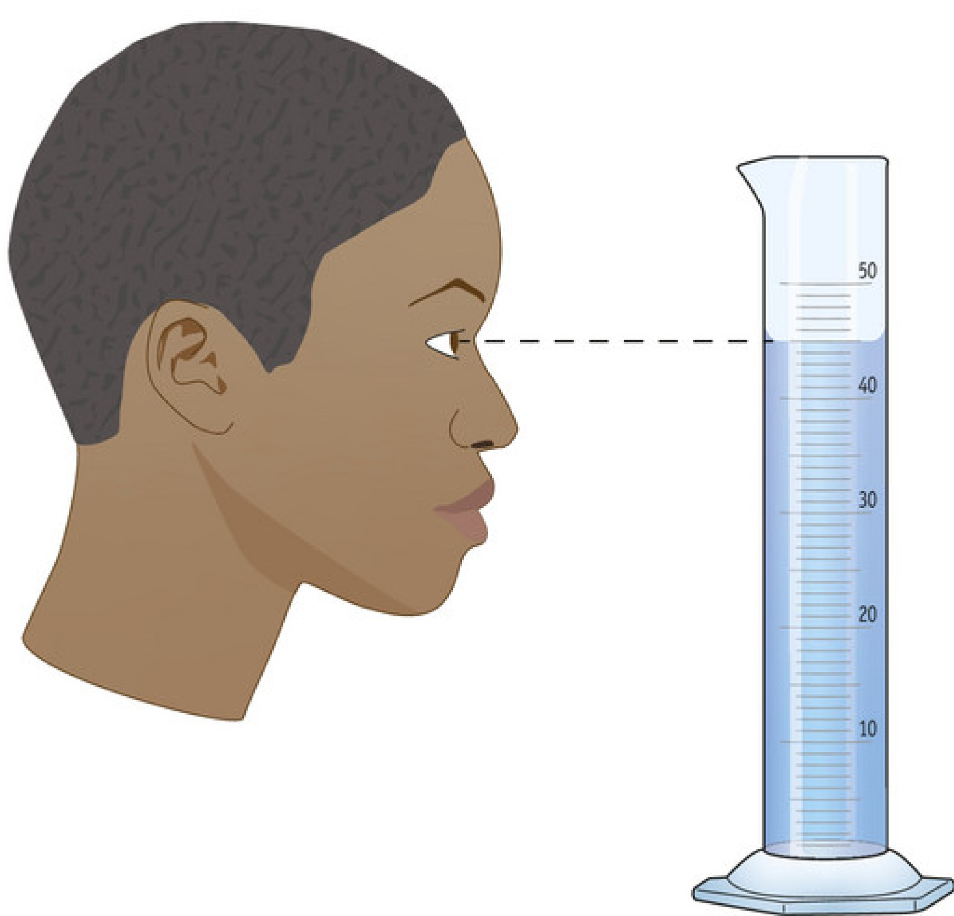
Maar het gewicht van de steen is op aarde een stuk groter dan op de maan. Dat komt doordat de zwaartekracht op de aarde groter is dan de zwaartekracht op de maan. De massa van de maansteen is overal in het heelal even groot, maar het gewicht is verschillend.

VOLUME

Met een maatcilinder kun je het **volume** van een hoeveelheid vloeistof bepalen. Je weet dan hoeveel ruimte de vloeistof inneemt. In figuur 2 zie je hoe je een maatcilinder afleest: met je ogen op dezelfde hoogte als het vloeistofoppervlak. Op die manier vind je het volume van de vloeistof in milliliter (mL).

De milliliter is afgeleid van de eenheid liter (L). Deze eenheid wordt alleen voor vloeistoffen en gassen gebruikt. In andere gevallen gebruik je kubieke decimeter (dm^3). Toch betekenen de aanduidingen liter en dm^3 precies hetzelfde:

- 1 liter is hetzelfde als 1 dm^3: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 dm;
- 1 milliliter is hetzelfde als 1 cm^3: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 cm (figuur 3).



figuur 2 Zo lees je een maatcilinder af.



figuur 3 1 dm^3 = 1000 cm^3.

Onthoud:

- 1 m^3 = 1000 dm^3 = 1000 L
- 1 dm^3 = 1 L = 1000 cm^3
- 1 cm^3 = 1 mL

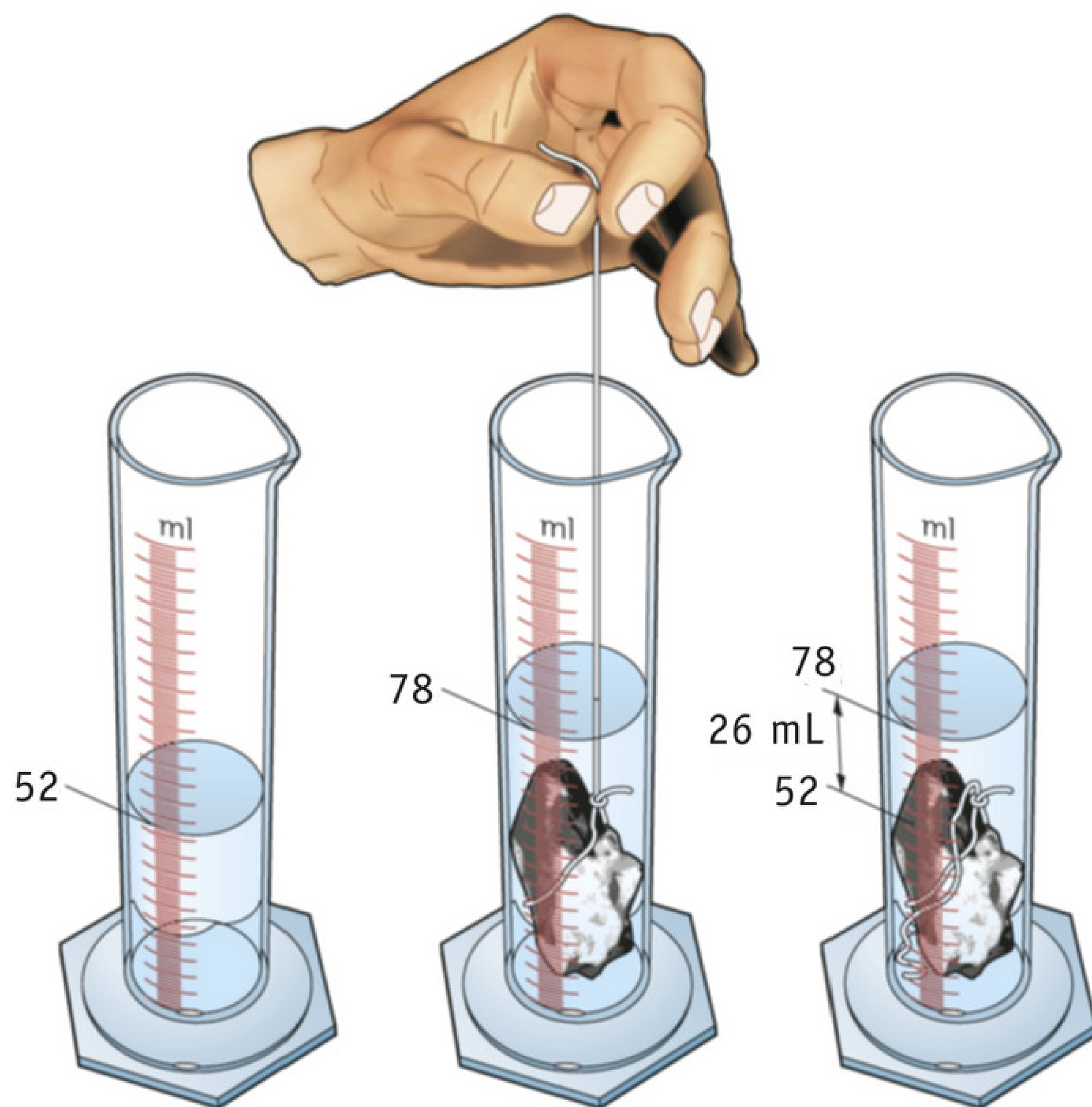
HET VOLUME VAN EEN VASTE STOF BEPALEN

PROEF 4

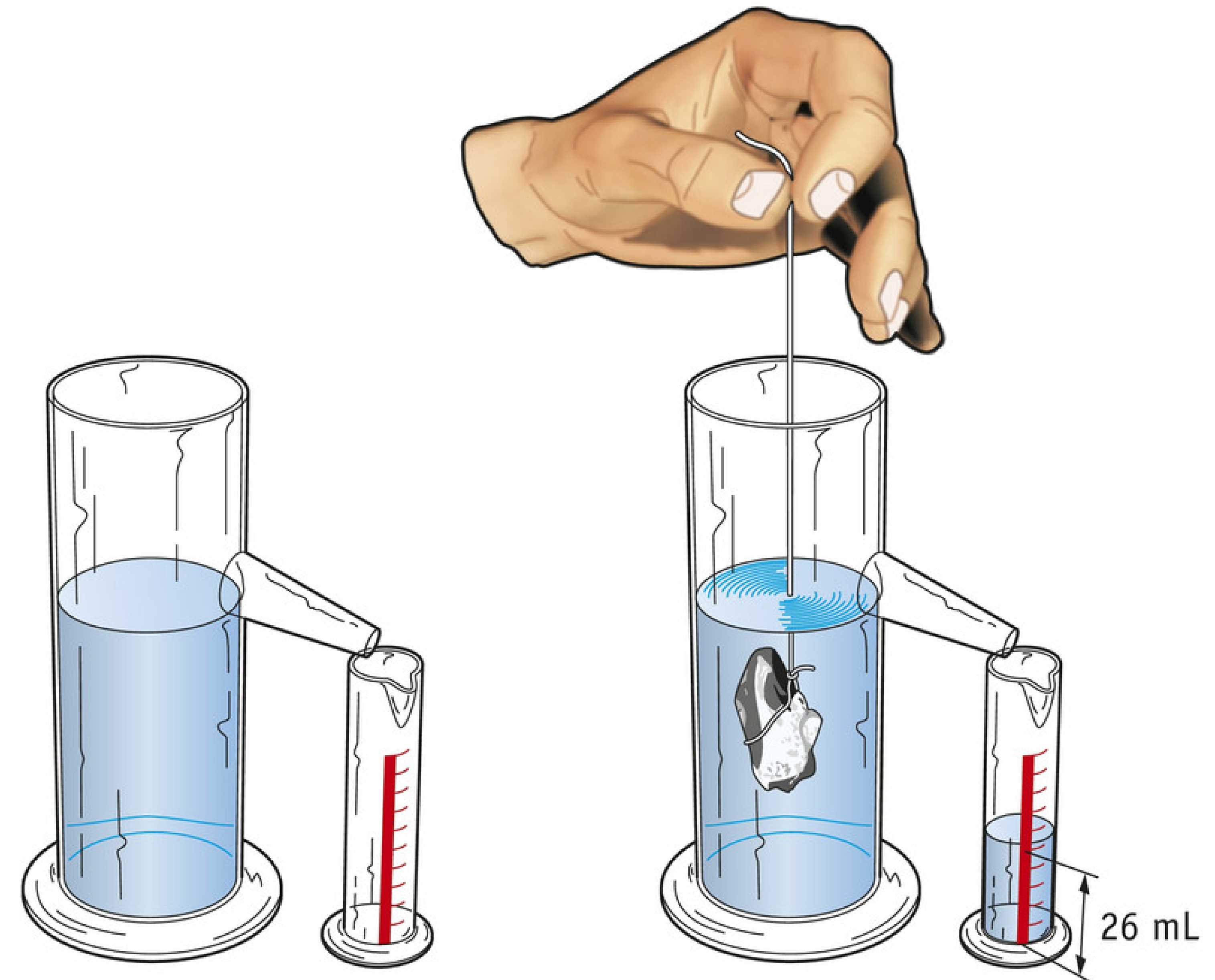
Het volume van voorwerpen met een onregelmatige vorm, bijvoorbeeld een kiezelsteen, kun je bepalen met de **onderdompelmethode** (figuur 4). Die werkt zo:

1. Vul een maatcilinder tot een bepaalde hoogte met water.
2. Lees de stand van het water af: de beginstand.
3. Laat het voorwerp voorzichtig helemaal onder water zakken.
4. Lees opnieuw de stand van het water af: de eindstand.
5. Eindstand min beginstand is het volume van het voorwerp.

Met een overloopvat gaat het nog gemakkelijker (figuur 5). Je moet het overloopvat tot het overlooptuitje vullen met water. Dan laat je het voorwerp in het vat zakken. Het water dat dan uit het tuitje stroomt heeft hetzelfde volume als het voorwerp. Als je het uitgestroomde water in een maatcilinder opvangt, kun je het volume bepalen.



figuur 4 Zo werkt de onderdompelmethode.



figuur 5 Zo werkt de onderdompelmethode met een overloopvat.

HET VOLUME BEREKENEN

PROEF 5

Je kunt het volume van een rechthoekig voorwerp berekenen met de volgende formule:

volume = lengte × breedte × hoogte (figuur 6).

Of in symbolen (afkortingen met letters):

$V = l \cdot b \cdot h$

Hierin is:
- *V* het volume in kubieke meter (m^3);
- *l* de lengte in meter (m);
- *b* de breedte in meter (m);
- *h* de hoogte in meter (m).

Je kunt het volume van een cilinder berekenen met de volgende formule:

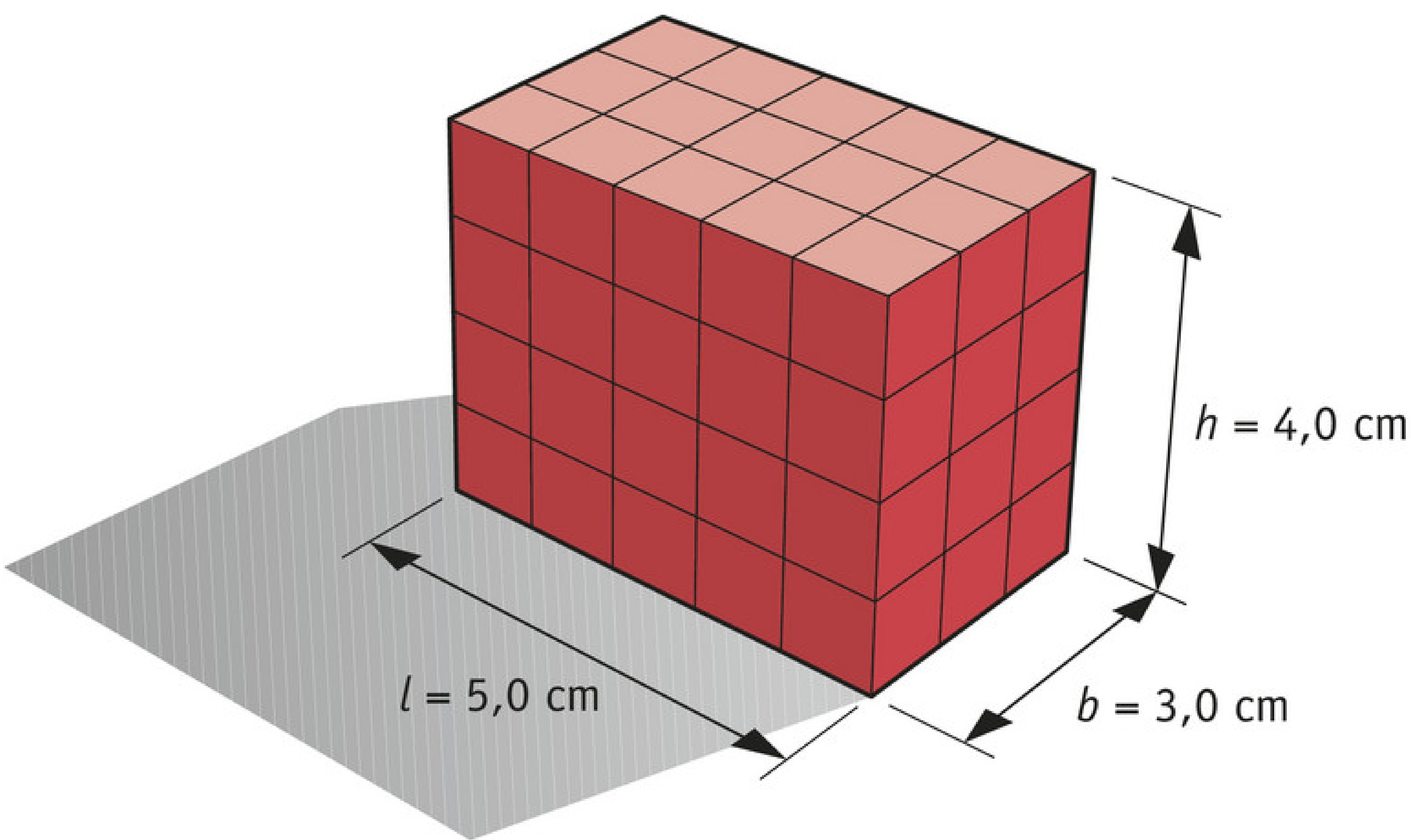
volume = pi × straal × straal × hoogte (figuur 7).

Of in symbolen:

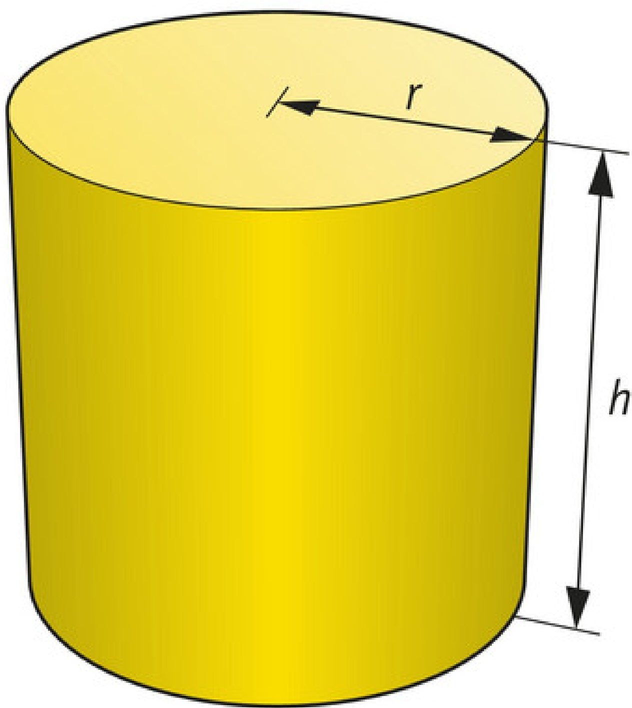
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

Hierin is:
- *V* het volume in kubieke meter (m^3);
- *r* de straal in meter (m);
- *h* de hoogte in meter (m).

De straal is gelijk aan de helft van de diameter.



figuur 6 Het volume van een rechthoekig voorwerp: $V = l \cdot b \cdot h$.



figuur 7 Het volume van een cilinder: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De cilinder heeft een hoogte van 1,5 m en een diameter van 8,2 cm.
Bereken het volume in dm^3 van een cilinder. Rond het antwoord af twee decimalen.

gegevens $r = \frac{8,2}{2} = 4,1$ cm
$h = 1,5$ m $= 150$ cm

gevraagd $V = ?$

uitwerking $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
$= \pi \times (4,1)^2 \times 150$
$= 7921,5\ cm^3 = 7,9\ dm^3$

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA BRITS-AMERIKAANSE EENHEDEN

Als je Amerikanen en Britten hoort praten over afstanden en massa's, hebben ze het vaak over *miles* en *pounds*. De *mile* is een afstand van ongeveer 1609 m en een *pound* komt overeen met ongeveer 454 g. Naast de *mile* en *pound* worden ook nog andere eenheden voor lengte en massa gebruikt. In tabel 1 staan de meest voorkomende.

tabel 1 Brits-Amerikaanse eenheden voor afstand en massa.

lengte	massa
1 *mile* = 8 *furlong* = 1609,344 m	1 *ton* = 160 *stone* = 1016 kg
1 *furlong* = 220 *yard* = 201,168 m	1 *stone* = 14 *pound* = 6,350 kg
1 *yard* = 3 *feet* = 0,914 4 m	1 *pound* = 16 *ounce* = 453,6 g
1 *foot* = 12 *inch* = 30,48 cm	1 *ounce* = 16 *dram* = 28,35 g
1 *inch* = 2,54 cm	1 *grain* = $\frac{1}{7000}$ *pound* = 0,0648 g

Voor de afmetingen van bouten en moeren worden delen van *inches* gebruikt, bijvoorbeeld 1/2 *inch* en 1/4 *inch*. Dus als je gebruik wilt maken van Brits-Amerikaanse eenheden, moet je goed kunnen rekenen.

1 Reken om.

a 250 g = ... kg

b 0,625 kg = ... g

c 0,5 g = ... mg

d 350 mg = ... g

e 0,035 g = ... mg

f 1,3 kg = ... g

g 0,25 t = ... kg

h 0,75 kg = ... g

i 810 g = ... kg

j 8 mg = ... g



Meer oefening nodig met het omrekenen van massa-eenheden?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 3 Massa en volume.

2 Reken om.

a 0,05 L = ... mL

b 250 mL = ... L

c 750 cm^3 = ... dm^3

d 0,8 dm^3 = ... cm^3

e 10 mL = ... cm^3

f 0,625 m^3 = ... dm^3

g 440 cm^3 = ... dm^3

h 6,5 dm^3 = ... L

i 35 mL = ... L

j 0,5 m^3 = ... L



Meer oefening nodig met het omrekenen van volume-eenheden?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 4 Dichtheid.

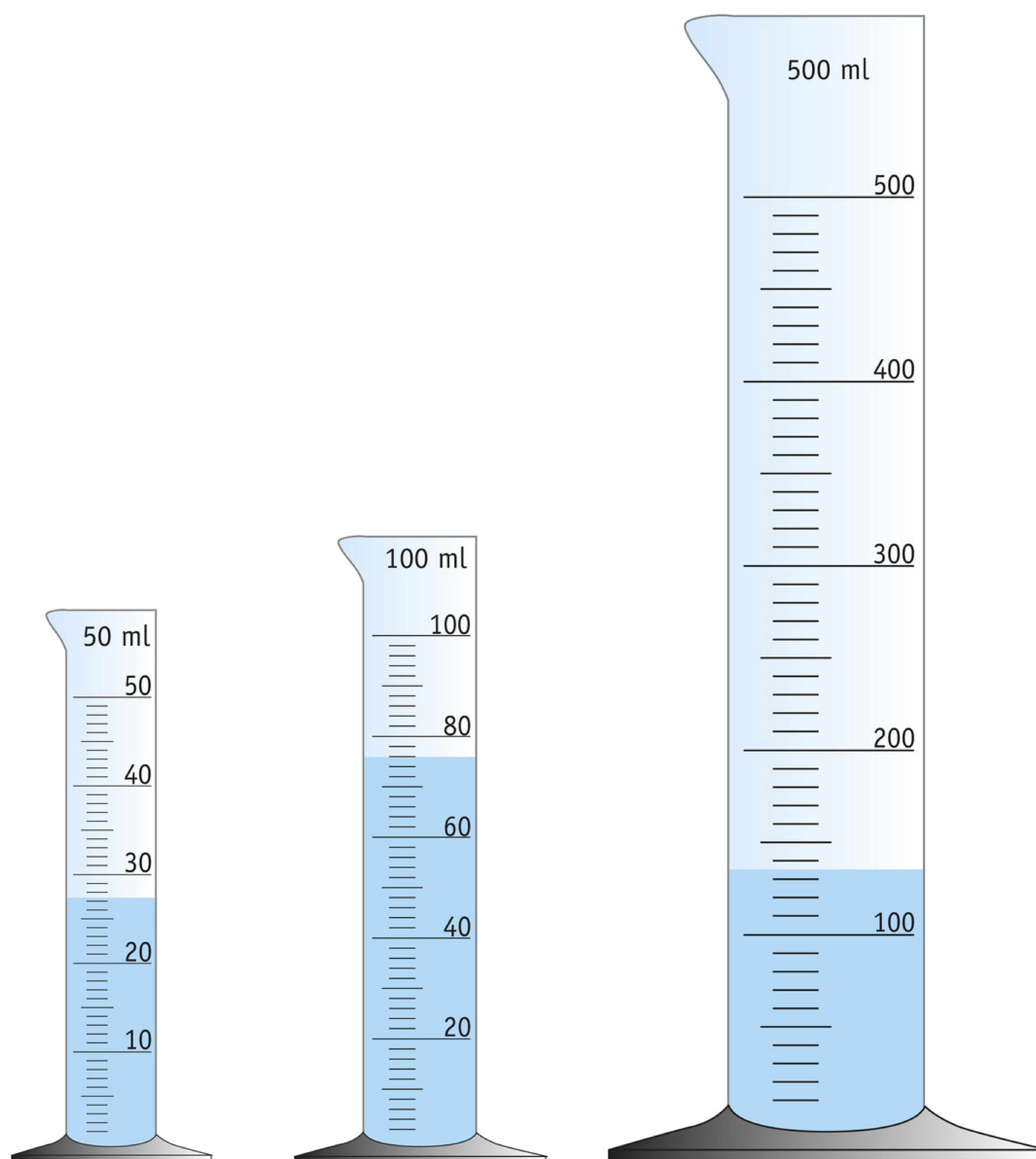
3 Als je iets moet schatten, geef je aan hoeveel je denkt dat het ongeveer zal zijn. Probeer maar eens te schatten hoeveel een stoeptegel weegt. Als je goed kunt schatten, kom je op ongeveer 9 of 10 kg uit. Goed kunnen schatten is belangrijk bij nask.
Schat de massa in g of kg (in ronde getallen) van de volgende producten. Kijk niet op het etiket.

a een pak suiker
b een fles cola
c een dropje
d een auto

4 In figuur 8 zijn drie maatcilinders getekend.

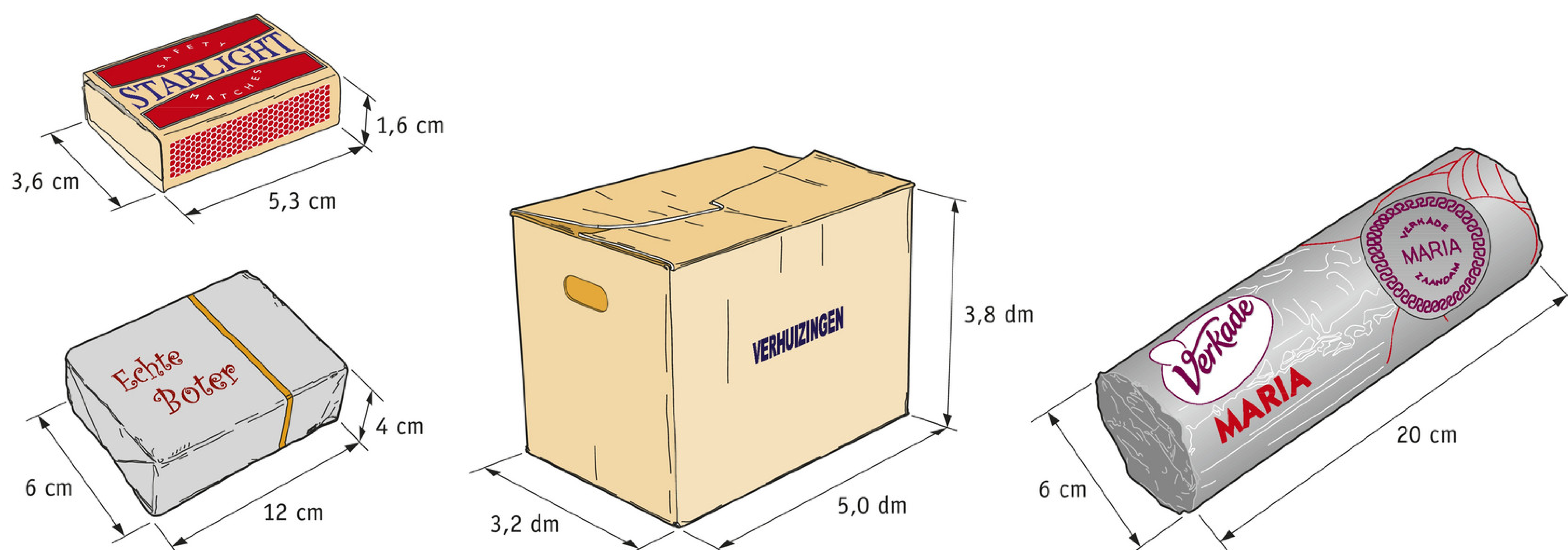
a Lees af hoeveel vloeistof er in elke maatcilinder zit en noteer het getal met de juiste eenheid.

b Je moet 0,025 L water afmeten.
Welke maatcilinder uit figuur 8 kun je dan het best gebruiken?



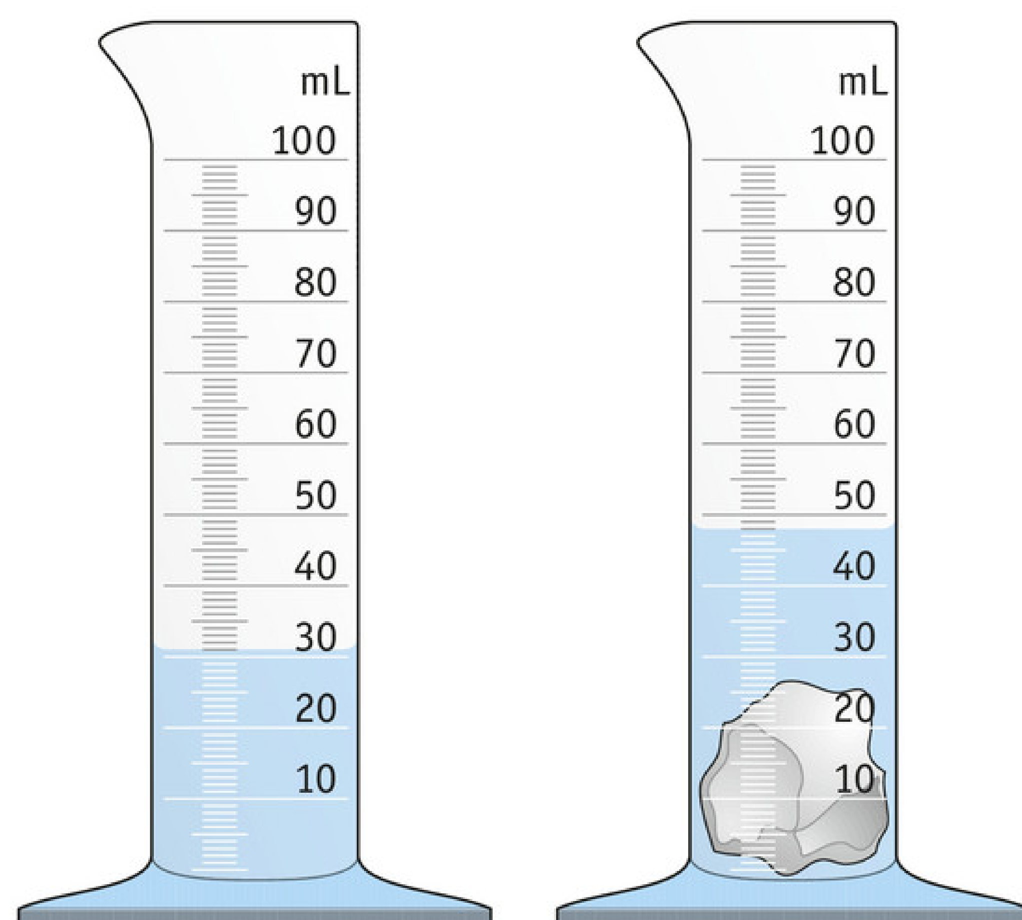
figuur 8 Maatcilinders.

5 Bereken het volume van de voorwerpen die je in figuur 9 ziet. Schrijf steeds de hele berekening op. Rond de antwoorden af op een geheel getal.



figuur 9 Hoe groot is het volume van deze voorwerpen?

6 Bepaal met behulp van figuur 10 het volume van de steen. Schrijf je volledige berekening op.



figuur 10 Hoe groot is het volume van de steen?

7 Een kop boven een weerbericht luidt: “80 millimeter regen in twee dagen!”

a Hoeveel liter water valt er op een oppervlakte van 1 dm^2 als de hoogte 80 mm is?

b Bereken hoeveel liter water er in die periode in een tuin van 6 bij 20 m is terechtgekomen. Schrijf de volledige berekening op.

8 Hout drijft op water.
Bedenk een manier waarop je met de onderdompelmethode toch het volume van een blokje hout kunt bepalen.

9 Een pijnstillend geneesmiddel bevat per tablet 200 mg werkzame stof. In de bijsluiter staat dat je per dag maximaal 1,5 g werkzame stof mag innemen.
Bereken hoeveel tabletten je per dag mag slikken.

★ 10 Met een weegschaal kun je bepalen hoeveel je weegt.

a Leg uit dat je zo je gewicht meet en niet je massa.

b Een astronaut op de maan wil de massa van een maansteen meten. Leg uit waarom hij een aangepaste weegschaal moet gebruiken.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA BRITS-AMERIKAANSE EENHEDEN

11 Op een doos met chocolaatjes staat: "9.17 oz". Oz is de afkorting van de Amerikaanse eenheid *ounce*.

a Is de oz een eenheid van massa, gewicht of volume?

b Hoeveel gram weegt de doos met chocolaatjes? Geef je berekening en rond af op een geheel getal.

c Bereken hoeveel *pound* de doos weegt.

d In Nederland is een pond 500 g.
Bereken hoeveel procent de Amerikaanse *pound* afwijkt van het pond dat in Nederland wordt gebruikt.

12 Beantwoord de volgende vragen.

a Rebecca heeft een lichaamslengte van 5 *feet* 8 *inch*.
Wat is haar lichaamslengte in m? Rond af op 2 decimalen.

b Simona heeft een lichaamslengte van 1,65 m.
Wat is haar lichaamslengte in *feet* en *inch*? Rond af op gehele getallen.

c Kurt heeft een massa van 10 *stone* 2 *pound* en John heeft een massa van 60 kg.
Wat is de massa van John in *stone* en *pound*? Rond af op gehele getallen.

13 De inhoud van een Amerikaanse automotor wordt soms uitgedrukt in *cubic inches*.
1 *cubic inch* is 1 *inch* × 1 *inch* × 1 *inch*. Een motorblok van Chevrolet heeft een motorinhoud van 327 *cubic inches*.

a Wat is de inhoud in liter? Rond af op 2 decimalen.

b Aan het motorblok zitten moeren die vastgedraaid zijn met moersleutel van 9/16 *inch*.
Wat is de maat van de moersleutel in mm? Rond af op een geheel getal.

c Een Chevrolet rijdt 20 *mile*.
Hoeveel km heeft de auto gereden? Rond af op 2 decimalen.

d Tijdens de autorit gebruikt de Chevrolet 1 *gallon* brandstof. 1 *gallon* = 3,785 L. In Europa wordt het verbruik van een auto aangegeven in km per liter.
Wat is het verbruik van de auto in km per liter? Rond af op 1 decimaal.

4 Dichtheid

LEERDOELEN

2.4.1 Je kunt uitleggen wat de dichtheid van een stof is.
2.4.2 Je kunt uitleggen waarom dichtheid een stofeigenschap is.
2.4.3 Je kunt de dichtheid van een stof bepalen als de massa en het volume gegeven zijn.
2.4.4 Je kunt aan de hand van de dichtheid uitleggen waarom een stof zinkt, zweeft of drijft.
EXTRA 2.4.5 Je kunt beschrijven hoe je met een hydrometer het verschil in dichtheid tussen twee stoffen bepaalt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	2.4.1	2.4.2	2.4.3	2.4.4	2.4.5	2.3.1*	2.3.3*	2.3.5*
Onthouden	2ab		1, 2cd					
Begrijpen	4a, 12a	3abc, 5b, 7cd		12bcd	13			
Toepassen		4b	5a, 6, 7ab, 8a, 9d, 10b, 11ab, 12ef		14b, 15b	9b		9a
Analyseren			8b, 10a	10c	14a, 15a		9c	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Mensen zeggen vaak dat de ene stof zwaarder of lichter is dan een andere. Als je iemand bijvoorbeeld vraagt: “Waarom worden velgen van autowielen vaak van aluminium gemaakt?” zeggen ze zoiets als: “Omdat aluminium veel lichter is dan staal.”

LICHTE EN ZWARE STOFFEN

Is aluminium echt “lichter dan staal”? Is een aluminiumvelg van een auto lichter dan een stalen koffielepeltje? Dat is natuurlijk niet zo. Hoe zwaar een voorwerp is hangt niet alleen af van het soort materiaal, maar ook van het volume.
Om na te gaan of de ene stof lichter is dan de andere, moet je deze twee stoffen ‘eerlijk’ met elkaar vergelijken.

Een eerlijke vergelijkingsmethode werkt als volgt:
1 Neem van elke stof een blokje van 1,0 cm^3 (figuur 1).
2 Bepaal de massa van elk blokje.
3 Het blokje met de kleinste massa is gemaakt van de ‘lichtste’ stof.

Een aluminium blokje van 1,0 cm^3 heeft een massa van 2,7 g. Een stalen blokje van 1,0 cm^3 heeft een massa van 7,9 g. Staal is dus ongeveer drie keer zo ‘zwaar’ als aluminium.



figuur 1 Drie blokjes van 1,0 cm^3: perspex (1,2 g), aluminium (2,7 g) en messing (8,5 g).

DE DICHTHEID VAN EEN STOF

Een blokje aluminium van 1,0 cm^3 heeft een massa van 2,7 g. Dat is een eigenschap van de stof aluminium. Deze eigenschap is zo belangrijk dat er een apart woord voor bedacht is: de **dichtheid**. Je zegt: de dichtheid van aluminium is 2,7 gram per kubieke centimeter (2,7 g/cm^3).

Dichtheid is een stofeigenschap: elke stof heeft zijn eigen dichtheid. Omgekeerd geldt: als je de dichtheid van een stof kent, helpt dat om erachter te komen om welke stof het gaat (en om welke stof zeker niet). De dichtheid is een van de eigenschappen waaraan je een stof kunt herkennen. Je kunt dus niet zeggen “aluminium is licht” maar wel “aluminium heeft een kleine dichtheid” (daarom stonden ‘licht’ en ‘zwaar’ hiervoor tussen aanhalingstekens).

In tabel 1 kun je de dichtheid van een aantal stoffen opzoeken. Je ziet onder andere dat de dichtheid van metalen nogal kan verschillen. Goud bijvoorbeeld is meer dan zeven keer zo ‘zwaar’ als aluminium.

tabel 1 De dichtheid van enkele stoffen (bij 20 °C).

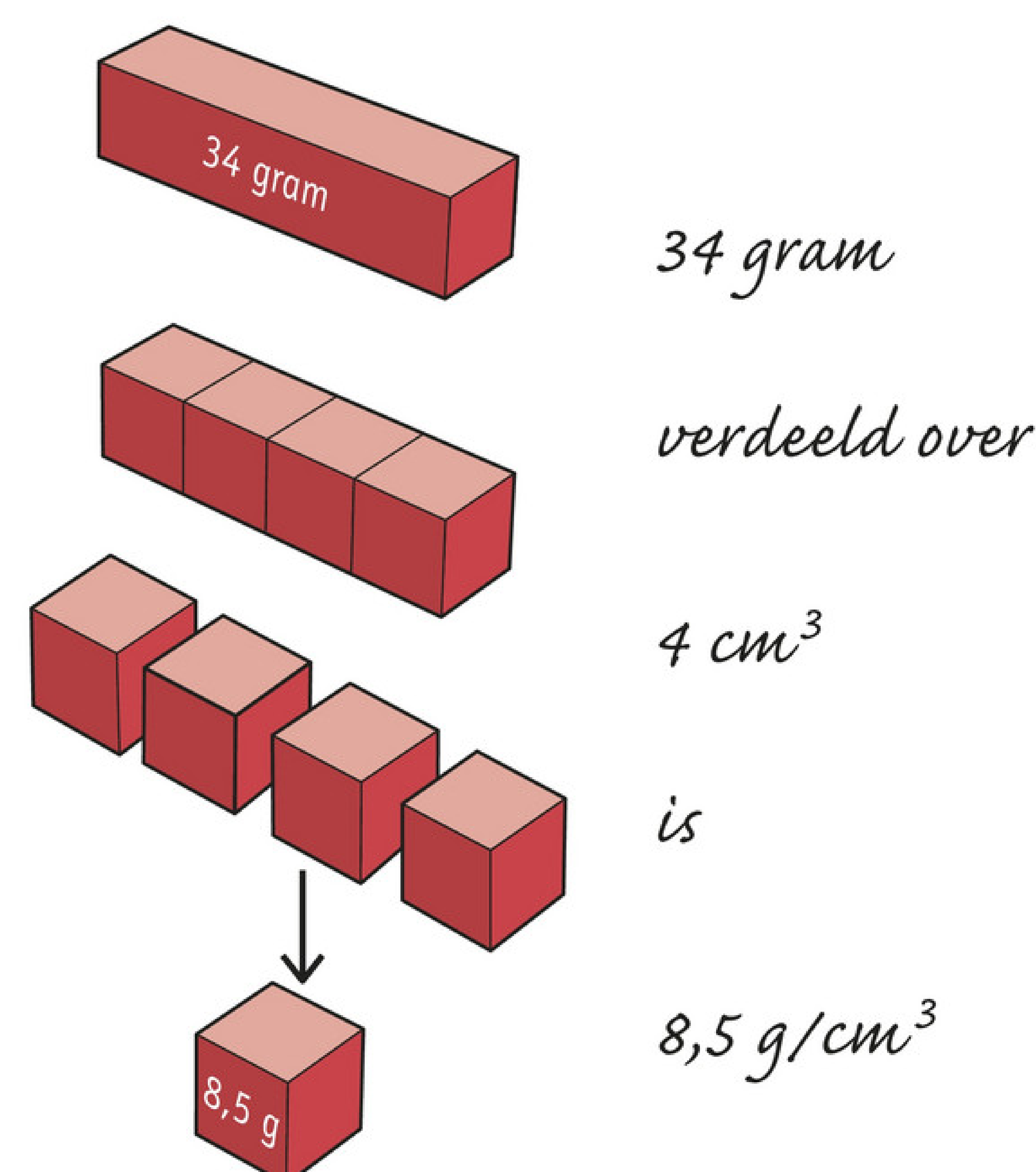
stof	dichtheid (g/cm^3)	stof	dichtheid (g/cm^3)
alcohol	0,80	lood	11,3
aluminium	2,7	lucht	0,001 293
benzine	0,72	messing	8,5
glas	2,6	perspex	1,2
goud	19,3	staal	7,8
helium	0,000 178	suiker	1,6
ijs (–4 °C)	0,92	terpentine	0,84
ijzer	7,9	vurenhout	0,58
keukenzout	2,2	water	1,0
koolstofdioxide	0,001 98	waterdamp	0,000 60
koper	8,96	zilver	10,5
kwik	13,5	zink	7,2

DE DICHTHEID BEPALEN

PROEF 6+7

Om de dichtheid te bepalen, heb je niet per se een voorwerp van 1,0 cm^3 nodig. Met een groter voorwerp lukt het ook. Je kunt zo’n voorwerp in gedachten in stukjes van 1,0 cm^3 verdelen. Als je de massa van zo’n stukje weet, weet je de dichtheid.

In figuur 2 is een staafje messing van 34 g getekend. Je kunt dit staafje in gedachten verdelen in vier blokjes van 1,0 cm^3. Als je 34 g verdeelt over vier blokjes, krijgt elk blokje $\frac{34}{4}$ = 8,5 g. De dichtheid van messing is dus 8,5 g/cm^3.



figuur 2 Zo kun je de dichtheid berekenen.

Als je de massa (in g) door het volume (in cm^3) deelt, vind je de dichtheid in g/cm^3. Je kunt dat ook in formulevorm opschrijven:

$$\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Of in symbolen:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Hierin is:
- ρ (rho, spreek uit: ‘roo’) de dichtheid in gram per kubieke centimeter (g/cm^3)
- m de massa in gram (g)
- V het volume in kubieke centimeter (cm^3)

VOORBEELDOPDRACHT 1

Miranda heeft een goudkleurige armband met een massa van 78 g en een volume van 5,0 cm^3.
Ga met een berekening na of deze armband van zuiver goud gemaakt zou kunnen zijn.

gegevens m = 78 g
V = 5,0 cm^3

gevraagd ρ = ?

uitwerking $\rho = \frac{m}{V} = \frac{78}{5{,}0} = 15{,}6$ g/cm^3

De armband kan dus niet van zuiver goud gemaakt zijn, want goud heeft een dichtheid van 19,3 g/cm^3 (tabel 1). De armband kan wel voor een groot deel uit goud bestaan.

DRIJVEN EN ZINKEN

Bij het boren naar aardolie komt niet alleen olie, maar ook water naar boven. Oliemaatschappijen verwijderen op een vrij eenvoudige manier dat water uit de olie. Als je olie en water bij elkaar doet en flink schudt, ontstaat er wel even een mengsel. Maar de twee vloeistoffen ontmengen ook weer snel. Het mengsel splitst zich in een laag olie en een laag water: de olielaag ligt dan boven op de waterlaag. De vloeistof met de kleinste dichtheid komt altijd bovenaan terecht. Door water onderaan weg te zuigen, kun je olie en water scheiden.

Je kunt op dezelfde manier voorspellen of een massief voorwerp (een voorwerp zonder holle ruimtes) drijft of zinkt. Een voorwerp van vurenhout drijft in water, een voorwerp van perspex zal in water juist zinken. De dichtheid van vurenhout is namelijk kleiner dan die van water en de dichtheid van perspex is groter dan die van water (tabel 1). Wil je weten of een voorwerp drijft of zinkt in een vloeistof, dan moet je dichtheden vergelijken. Als de dichtheid van een voorwerp even groot is als die van een vloeistof, dan zweeft dat voorwerp in die vloeistof.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DE WEERBALLON

Om een goede weersverwachting te kunnen maken, is het belangrijk informatie te hebben over de temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid hoog in de lucht. Hiervoor vult het weerinstituut KNMI één keer per dag een grote ballon met helium met daaraan meetinstrumenten: een weerballon (figuur 3). Zo'n weerballonnen stijgt op tot een hoogte van 20 tot 25 km. Tijdens de vlucht worden de metingen constant naar het weerinstituut gestuurd.

Helium is een gas met een heel kleine dichtheid (ρ = 0,000 178 g/cm^3). Een ballon stijgt op als de dichtheid ervan kleiner is dan die van lucht (ρ = 0,001 293 g/cm^3).
Stoffen en voorwerpen die een kleinere dichtheid hebben dan het gas waarin ze zich bevinden, gaan drijven. Een weerballon drijft op de lucht, net zoals een blokje vurenhout (ρ = 0,58 g/cm^3) drijft op water (ρ = 1,0 g/cm^3).



figuur 3 Weerballon met meetinstrumenten.

1 Elke grootheid heeft een symbool. Bij massa is dat de letter *m*. Ook eenheden hebben elk een eigen symbool.
Vul in tabel 2 de ontbrekende woorden en symbolen in.

tabel 2 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
lengte			
			kg
		liter	
		gram per kubieke centimeter	

2 Je gaat de dichtheid bepalen van een rechthoekig blokje messing.

a Welke grootheden moet je hiervoor meten?
b Welke meetinstrumenten heb je daarvoor nodig?
c Met welke formule bereken je daarna de dichtheid?
d Welke eenheid zet je ten slotte achter de uitkomst?

3 Geef met behulp van tabel 1 een voorbeeld van een metaal:

a met een opvallend grote dichtheid.

b met een opvallend kleine dichtheid.

c met een ruwweg gemiddelde dichtheid.

4 Goud is ‘zwaarder’ dan aluminium.

a Waarom staan er aanhalingstekens om het woord ‘zwaarder’?

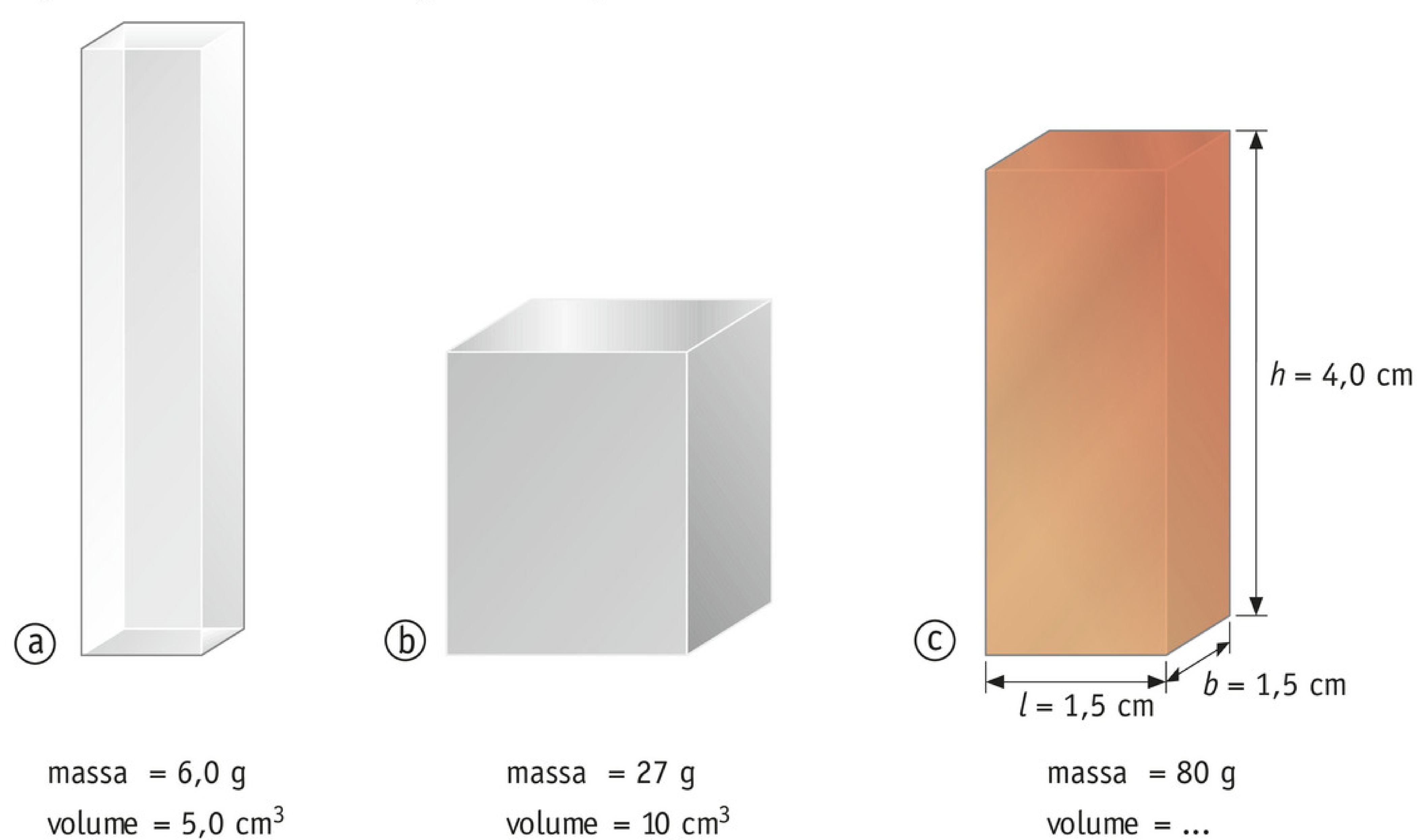
b Bereken hoeveel keer zo zwaar goud is als aluminium. Schrijf je berekening op.

5 In figuur 4 zijn drie blokjes getekend die van een zuivere stof zijn gemaakt.

a Bereken de dichtheid van de stoffen waarvan deze voorwerpen gemaakt zijn. Schrijf alle berekeningen op.

b Noteer van elk voorwerp van welke stof het gemaakt zou kunnen zijn. Gebruik tabel 1.

figuur 4 Drie rechthoekige voorwerpen.



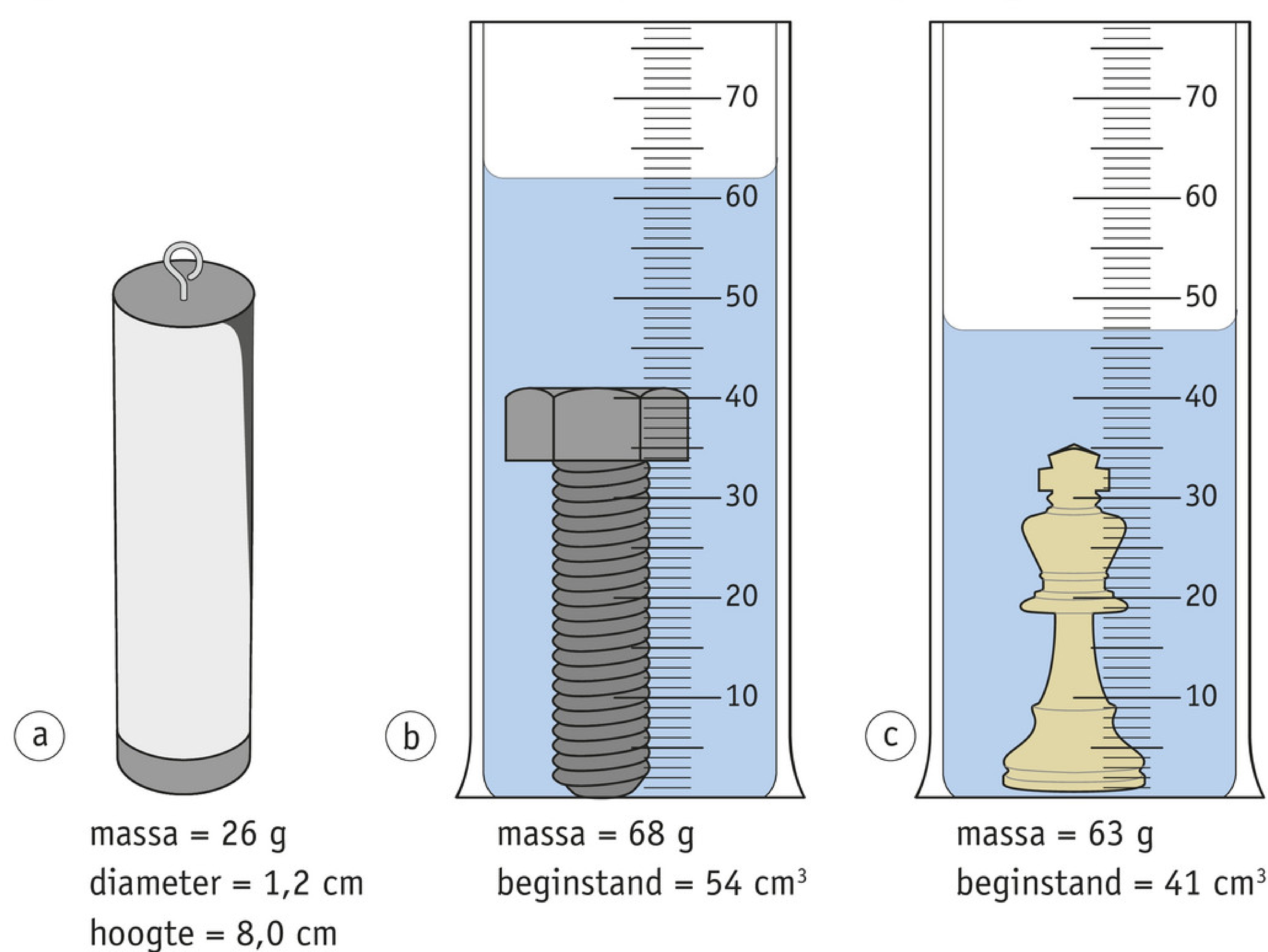
massa = 6,0 g
volume = 5,0 cm^3

massa = 27 g
volume = 10 cm^3

massa = 80 g
volume = ...

6 In figuur 5 zijn drie voorwerpen getekend.
Bereken de dichtheid van de stoffen waarvan deze voorwerpen gemaakt zijn. Schrijf de hele berekening op.

figuur 5 Een cilinder en twee voorwerpen met een onregelmatige vorm.



massa = 26 g
diameter = 1,2 cm
hoogte = 8,0 cm

massa = 68 g
beginstand = 54 cm^3

massa = 63 g
beginstand = 41 cm^3

7 Mitchell heeft van vier voorwerpen de massa en het volume gemeten. Zijn meetresultaten staan in tabel 3.

a Drie voorwerpen zijn van dezelfde stof gemaakt.
Beredeneer met behulp van de meetgegevens welke drie voorwerpen dit zijn, zonder de dichtheid te berekenen.

b Bereken voor elk van die drie voorwerpen de dichtheid. Bereken ook het gemiddelde.

c De voorwerpen zijn van dezelfde stof gemaakt, maar toch zijn de uitkomsten niet even groot. Hoe komt dat?

d Om welke stof zou het kunnen gaan?

tabel 3 De meetresultaten van Mitchell.

voorwerp	volume (cm^3)	massa (g)
A	10,1	80,0
B	6,9	60,0
C	5,1	40,0
D	2,5	20,0

8 Op een schap in een supermarkt staan grote en kleine pakken met kokosmelk.

- Op de grote pakken staat: 1000 g | 930 mL
- Op de kleine pakken staat: 500 g | 465 mL

a Leg uit hoe je aan deze getallen kunt zien dat de twee soorten pakken met dezelfde vloeistof gevuld zijn.

b Beredeneer welk volume de fabrikant op een pakje met 200 g kokosmelk zou moeten zetten.

9 Een bekerglas, geheel gevuld met water, heeft een massa van 243 g (figuur 6a). Theo laat er een metalen blokje aan een dun draadje in zakken (figuur 6b) en meet opnieuw de massa van het bekerglas: 294 g. Ten slotte haalt hij het blokje eruit en laat hij het lang uitdruipen boven het bekerglas. Hij meet opnieuw de massa van het bekerglas en het resterende water: 213 g (figuur 6c).

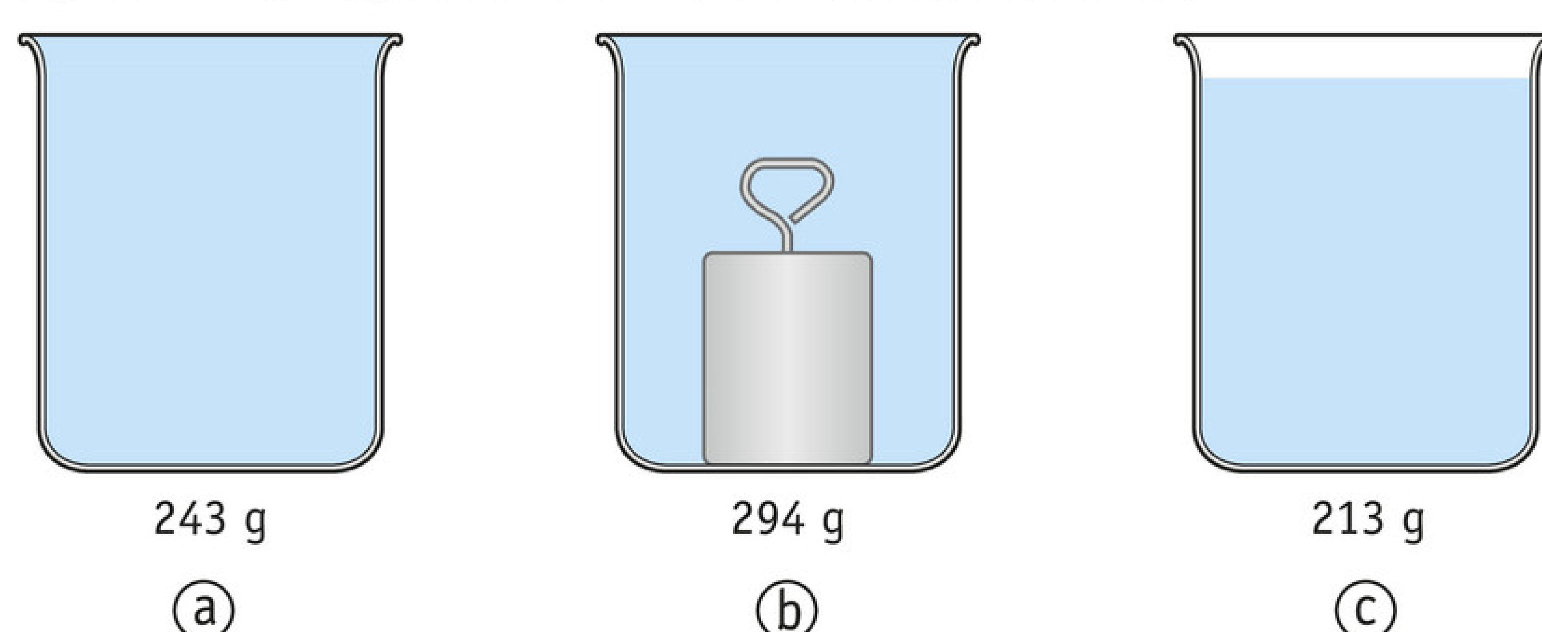
a Hoeveel gram water is er uit het bekerglas gestroomd?

b Bereken de massa van het metalen blokje.

c Wat is het volume van het metalen blokje?

d Bereken de dichtheid van het metaal.

figuur 6 Hoe groot is de dichtheid van het metaal?



★ 10

Als je een ijzeren staaf verwarmt, zet hij uit: zijn lengte en zijn diameter worden groter. Dat gebeurt met bijna alle stoffen als je ze verwarmt.

a Als je een stof verwarmt, wordt de dichtheid van de stof dan groter, kleiner of blijft deze hetzelfde? Licht je antwoord toe en gebruik daarbij de formule voor dichtheid.

b In tabel 1 staat ook een temperatuur vermeld.
Leg uit waarom het nodig is om de temperatuur in een tabel van de dichtheid te vermelden.

c Tijdens een vorstperiode kun je schaatsen.
Leg uit hoe dit mogelijk is, door de dichtheid van ijs te vergelijken met die van water.

★ 11

Een gouden kroon is eigenlijk te zwaar om te dragen. De zwaarste kroon ter wereld is de gouden kroon van Thailand. Die heeft een massa van 7,0 kg waarvan 5,8 kg uit goud bestaat.


Zie de vaardigheid *Werken met formules*.

a Bereken het volume van het goud in de Thaise kroon.

b De kroon van Nederland lijkt van goud, maar is gemaakt van verguld zilver (figuur 7).
Het zilver heeft een volume van 240 cm^3.
Bereken de massa van het zilver van de kroon.



figuur 7 De kroon van Nederland.

★ 12

Ook gassen hebben een dichtheid. Bij ‘normale’ omstandigheden is de dichtheid van bijvoorbeeld lucht 1,29 g/dm^3, die van helium 0,179 g/dm^3 en die van stikstof 1,25 g/dm^3.

a Vergelijk de dichtheid van deze gassen met de dichtheid van de stoffen in tabel 1.
Wat valt je op?

b Leg uit waarom een ballon met helium opstijgt.

c Leg uit wat het opstijgen van die ballon te maken heeft met drijven.

d Een ballon met stikstof stijgt niet op. Waardoor denk je dat dat komt?

e Bereken de massa van 1,0 m^3 lucht.

f Maak een schatting van de afmetingen van het lokaal waarin je zit (in hele meters).
Bereken met deze schatting de massa van de lucht in het lokaal.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DE WEERBALLON

13 Aileen vult twee ballonen met gas. Eén met helium en één met koolstofdioxide.
Leg uit hoe je kunt zien welk gas in welke ballon zit.

14 Als je lucht opwarmt, zet die uit. Het volume wordt groter, maar de massa blijft hetzelfde.

a Leg uit dat de dichtheid van de lucht kleiner wordt, als je die opwarmt.

b De heteluchtballon in figuur 8 stijgt op.
Leg uit hoe dit komt.



figuur 8 Heteluchtballon met brander.

15 Hoe hoger je komt, hoe kleiner de dichtheid van de lucht.

a Leg uit dat een weerballon gevuld met helium op een bepaalde hoogte niet meer stijgt.

b Hoe noem je het als de ballon niet meer stijgt in de lucht? Licht je antwoord toe.

Practica

PROEF 1 STOFFEN VAN ELKAAR ONDERSCHEIDEN

30 minuten

Inleiding

Als de politie een inval doet in een drugslaboratorium, worden daar vaak verschillende stoffen gevonden. Om uit te zoeken wat voor stoffen dat zijn, heeft de politie een speciale afdeling met onderzoekers.
Jij gaat in deze proef ook stoffen onderzoeken, maar dan ongevaarlijke stoffen. Je krijgt twaalf flesjes met stoffen, zonder te weten welke stoffen het zijn. Je moet met behulp van de stofeigenschappen zoveel mogelijk stoffen proberen te herkennen.

Doel

Bij deze proef leer je stoffen te herkennen aan hun stofeigenschappen.

Nodig

☐ 12 stoffen in flesjes

Uitvoeren en uitwerken

- Je krijgt twaalf flesjes. Je mag de flesjes openmaken om te ruiken. Je mag de stoffen beslist niet proeven!

1 Vul in tabel 1 de gegevens van de twaalf stoffen in. Noteer ook de naam van de stof als je die weet.

tabel 1 Twaalf stoffen en hun eigenschappen.

nummer	kleur	geur	*vast / vloeibaar / gasvormig*	bijzonderheden	naam
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

2 Bekijk de gegevens in de tabel.

a Welke stoffen zijn metalen?

....

....

b Welke stoffen zijn doorzichtig?

....

....

PROEF 2 OPLOSSINGEN EN SUSPENSIES ONDERZOEKEN

15 minuten

Inleiding

In het dagelijks leven kom je verschillende soorten mengsels tegen. Thee en cola zijn voorbeelden van oplossingen. Sinaasappelsap en verf zijn voorbeelden van suspensies.

Doel

Bij deze proef leer je twee verschillen kennen tussen een oplossing en een suspensie.

Nodig

- ☐ reageerbuis met water + inkt
- ☐ reageerbuis met water + koolstof
- ☐ 2 (lege) reageerbuizen
- ☐ 2 trechters
- ☐ 2 filtreerpapiertjes

Uitvoeren en uitwerken

- Schud de reageerbuis met water + inkt. Kijk direct daarna of je door het mengsel heen kunt kijken.
- Schud de reageerbuis met water + koolstof. Kijk direct daarna of je door het mengsel heen kunt kijken.

1 Kun je door de verdunde blauwe inkt heen kijken? *ja / nee*

2 Heb je hier te maken met een oplossing of met een suspensie? *oplossing / suspensie*

3 Kun je door het mengsel van koolstof en water heen kijken? *ja / nee*

4 Heb je hier te maken met een oplossing of met een suspensie? *oplossing / suspensie*

- Vouw de filtreerpapiertjes zoals in figuur 1 en doe ze in de trechters.
- Maak de filters vochtig (dan blijven ze beter in de trechters zitten).
- Zet de trechters in de lege reageerbuizen.
- Schud het mengsel van water + inkt en giet het voorzichtig in het ene filter.
- Schud het mengsel van water + koolstof en giet het voorzichtig in het andere filter.
- Kijk goed wat er gebeurt.
- Wacht tot er niets meer uit de filters lekt.

5 Hoe zien de vloeistoffen in de opvangbuizen eruit?

....

6 In welk van de filters is een vaste stof achtergebleven?

....

7 Welke stof(fen) is (zijn) dat?

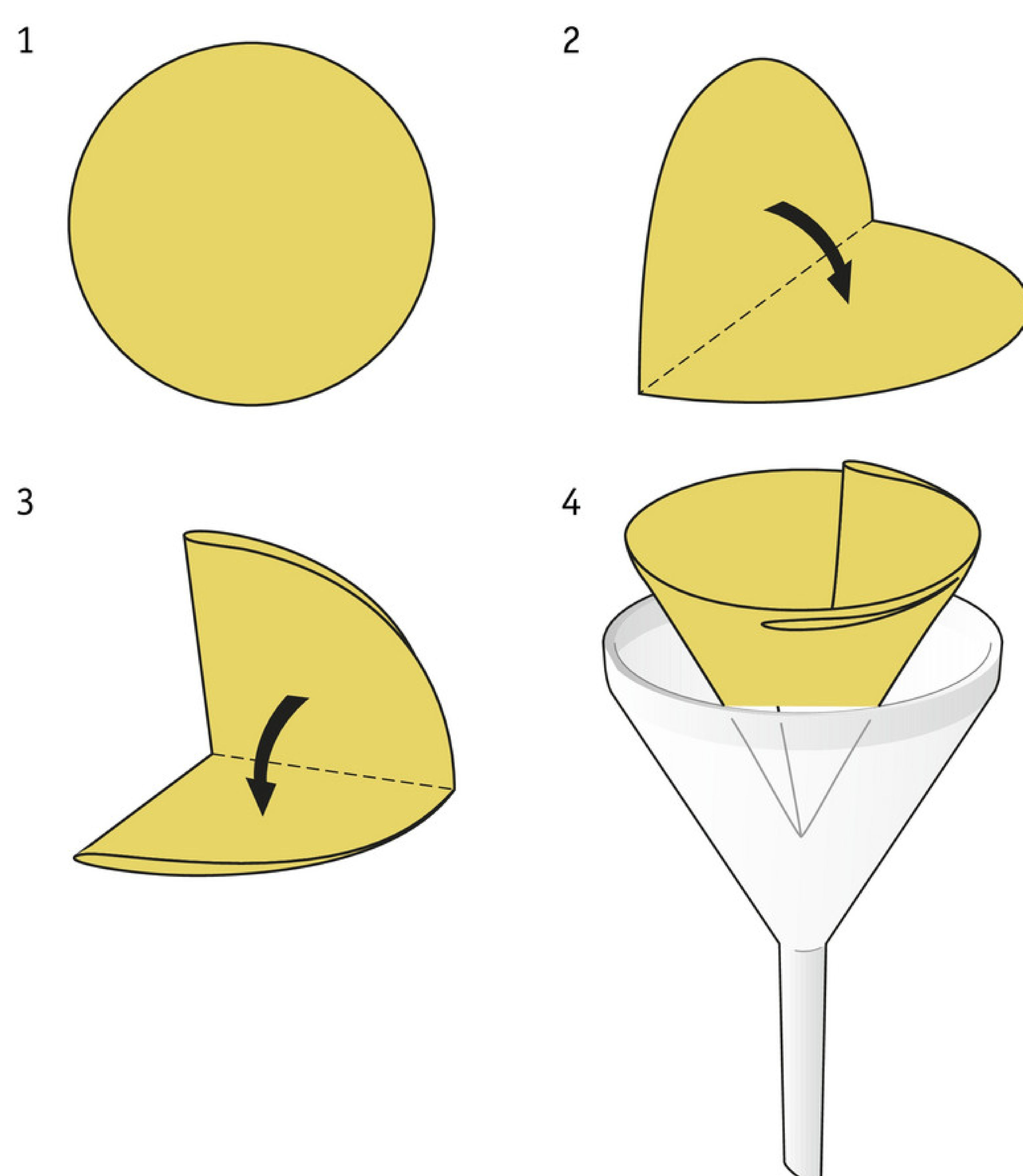
....

8 Welke stof(fen) is (zijn) zeker door het filter gegaan bij het mengsel van water + inkt?

....

9 Welke stof(fen) is (zijn) zeker door het filter gegaan bij het mengsel van water + koolstof?

....



figuur 1 Zo vouw je een filter.

PROEF 3 STEENZOUT WINNEN

30 minuten

Inleiding

Steenzout wordt gewonnen door heet water in de bodem te pompen. Diep in de bodem ontstaat dan een mengsel van water en steenzout, dat pekel genoemd wordt. De pekel wordt daarna omhooggepompt, waarna het zout uit de pekel wordt gehaald.

Doel

Bij deze proef ga je pekel verwarmen totdat er steenzout overblijft.

Nodig

- ☐ steenzout
- ☐ gedestilleerd water
- ☐ bekerglas
- ☐ roerstaafje
- ☐ reageerbuis
- ☐ trechter
- ☐ filtreerpapier
- ☐ porseleinen/stalen kroesje
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

Uitvoeren en uitwerken

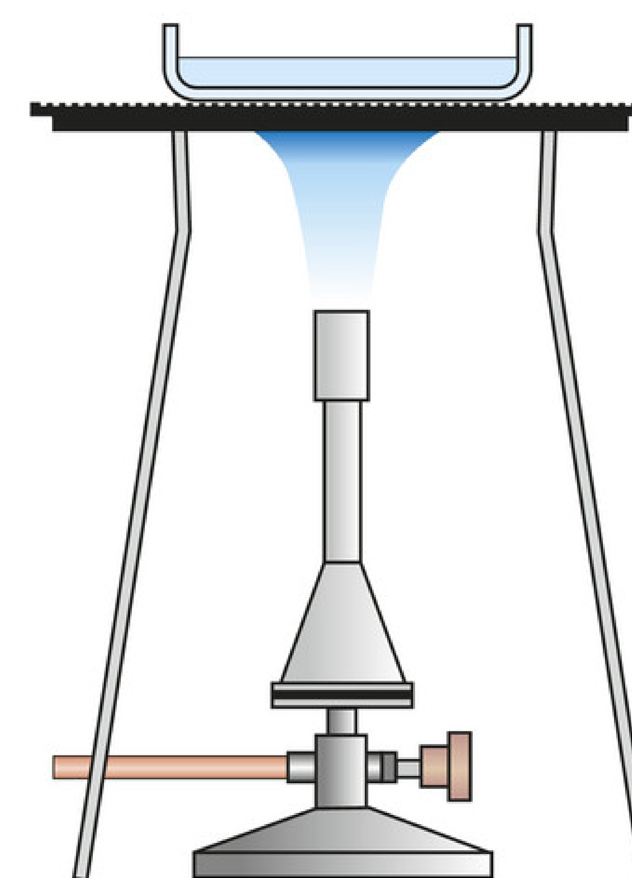
Oplossen en filtreren

- Doe een paar schepjes steenzout in het bekerglas.
- Voeg aan het steenzout een beetje warm water toe en roer goed.
- Filtreer de vloeistof en vang het filtraat op in een reageerbuis.

Indampen

- Leg het gaasje op de driepoot.
- Zet het kroesje op het gaasje.
- Giet een beetje van de vloeistof uit de reageerbuis in het kroesje.
- Laat de gasbrander branden met een kleine kleurloze vlam (figuur 2).
- Verwarm de vloeistof in het kroesje tot al het water is verdampt.

Let op! Haal de brander onder het gaasje vandaan als de vloeistof te veel spettert. Maak de vlam dan kleiner door de gasregelknop een stukje dicht te draaien. Schuif de brander daarna weer onder het gaasje.



figuur 2 De opstelling van proef 3.

1 Blijft er na het filtreren een vaste stof achter in het filter?

....

2 Beschrijf de inhoud van het kroesje na het indampen.

....

....

3 Wat kun je zeggen over de oplosbaarheid van deze stof?

....

....

PROEF 4 WERKEN MET DE ONDERDOMPELMETHODE

15 minuten

Inleiding

Het volume van onregelmatig gevormde voorwerpen kun je niet eenvoudig berekenen met een formule. Voor zulke voorwerpen gebruik je de onderdompelmethode.

Doel

Bij deze proef leer je hoe je het volume van twee voorwerpen bepaalt met de onderdompelmethode.

Nodig

- ☐ maatcilinder
- ☐ aluminium blokje
- ☐ kiezelsteen

Uitvoeren en uitwerken

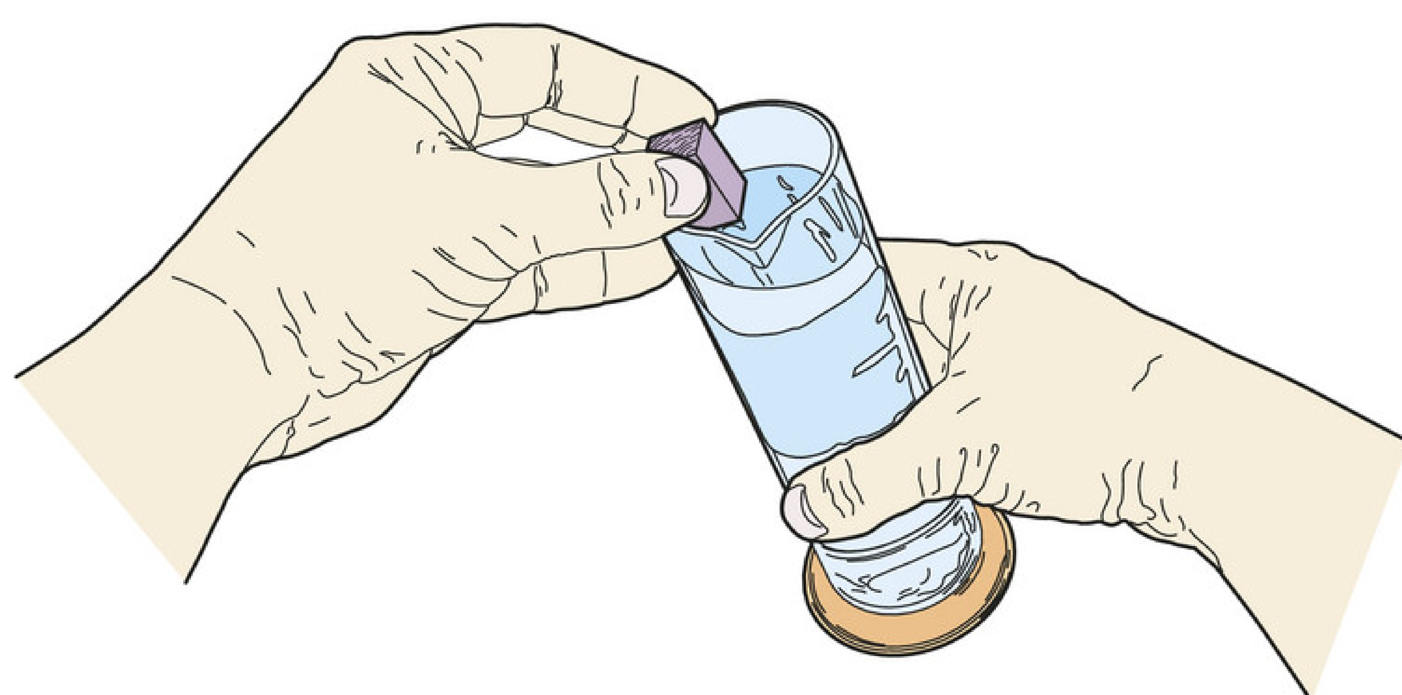
- Vul de maatcilinder voor ongeveer twee derde met water. Lees de stand van het water af (in cm^3).

Zie de vaardigheid *Meetinstrumenten aflezen*.

1 Vul in:

De beginstand is .... cm^3.

- Laat het aluminium blokje voorzichtig onder water zakken (figuur 3).
- Lees opnieuw de stand van het water af (in cm^3).



figuur 3 Houd de maatcilinder schuin als je het blokje erin laat zakken.

2 Vul in:

De eindstand is .... cm^3.

3 Hoe groot is het volume van het blokje?
Vul in:
volume blokje = eindstand – beginstand

V = ... – .... = ...

- Bepaal nu het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm. In dit geval is dat een kiezelsteen.

4 Vul in:
volume kiezelsteen = eindstand – beginstand

V = ... – .... = ...

PROEF 5 HET BEPALEN VAN VOLUME EN MASSA

30 minuten

Inleiding
Je kunt bij het bepalen van een hoeveelheid stof naar de massa kijken of naar het volume. In de supermarkt vind je bijvoorbeeld pakken met 1 L melk, maar ook pakken met 1 kg suiker. Ook in recepten worden volume- en massa-eenheden vaak door elkaar gebruikt. Dan staat er bijvoorbeeld: "Voeg 250 g champignons en 100 mL water toe."

Doel
Bij deze proef bepaal je van vier rechthoekige voorwerpen het volume en de massa.

Nodig
- ☐ 4 verschillende blokjes
- ☐ liniaal of geodriehoek
- ☐ weegschaal

Uitvoeren en uitwerken
1 Noteer in kolom 1 van tabel 2 van welk materiaal elk blokje gemaakt is.

- Meet hoe lang de zijden van de blokjes zijn (in cm).

2 Zet je meetgegevens in de tabel.

3 Bereken het volume van elk blokje met de formule: $V = l \cdot b \cdot h$
Rond het antwoord af op een geheel getal en noteer dit in kolom 5.

- Bepaal met de weegschaal de massa van elk blokje.

4 Noteer de massa van de blokjes in de laatste kolom van de tabel.

tabel 2 De meetresultaten van proef 5.

voorwerp	lengte (cm)	breedte (cm)	hoogte (cm)	volume (cm^3)	massa (g)
1					
2					
3					
4					

PROEF 6 DE DICHTHEID VAN VASTE STOFFEN BEPALEN

45 minuten

Inleiding
Onderzoekers kunnen vaak precies zeggen met welke stof ze te maken hebben als ze de dichtheid kennen. Je kunt de dichtheid berekenen door de massa (in g) te delen door het volume (in cm^3). Zo vind je de dichtheid in g/cm^3.

Doel
Door de dichtheid te bepalen kun je erachter komen van welke stof een voorwerp gemaakt is. Dat ga je bij deze proef doen.

Nodig
- ☐ maatcilinder
- ☐ liniaal of geodriehoek
- ☐ weegschaal
- ☐ 5 voorwerpen

Uitvoeren en uitwerken
- Bepaal de massa en het volume van de stoffen waarvan de vijf voorwerpen gemaakt zijn.

1 Noteer je meetresultaten in tabel 3.

2 Bereken de dichtheid van elk voorwerp. Rond de uitkomsten af op één cijfer achter de komma. Noteer de uitkomsten op de juiste plaats in de tabel.

- Vergelijk de dichtheden die je hebt gevonden met de dichtheden in tabel 1 van paragraaf 4.

3 Noteer in de tabel van welke stof elk voorwerp waarschijnlijk gemaakt is.

tabel 3 De meetresultaten van proef 6.

voorwerp	massa (g)	volume (cm^3)	dichtheid (g/cm^3)	stof
1				
2				
3				
4				
5				

PROEF 7 DE DICHTHEID VAN VLOEISTOFFEN BEPALEN

30 minuten

Inleiding
Je kunt de dichtheid van een vloeistof bepalen door de massa van de vloeistof te delen door het volume.

Doel
Bij deze proef bepaal je de dichtheid van twee vloeistoffen.

Nodig
- ☐ weegschaal
- ☐ maatcilinder
- ☐ gedestilleerd water
- ☐ spiritus

Uitvoeren en uitwerken
- Bedenk hoe je de massa en het volume van een hoeveelheid vloeistof kunt bepalen.

1 Schrijf op welke metingen en berekeningen je na elkaar gaat uitvoeren.

....

....

....

....

- Bepaal de dichtheid van water en van spiritus op één cijfer achter de komma.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

PROEF 8 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: ZOUT IN DE POLDER

45 minuten

Inleiding

Bij een dijkdoorbraak aan zee is een flink stuk landbouwgrond overstroomd. Daardoor is er zout in de grond gekomen. Dat is nadelig voor de teelt van gewassen, waardoor de grondeigenaar verlies lijdt. De verzekeraar van de grondeigenaar wil een rapport van de schade. In dat rapport moet onder andere staan hoeveel zout er in de grond terecht is gekomen. Daarvoor wordt een onderzoekslaboratorium ingehuurd. Jij bent bij deze opdracht de laborant die het onderzoek moet uitvoeren.

Doel

Bij deze proef bepaal je hoe groot de hoeveelheid zout in een grondmonster is. De uitkomst moet in gram zout per kilogram grond worden gerapporteerd.

Nodig

Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de onderzoeksvraag betrouwbaar kunt beantwoorden. Wat ga je meten, welke practicumspullen heb je nodig, hoe reken je straks de antwoorden uit?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

Zie de vaardigheid *Onderzoek doen*.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna indien nodig.
- Voer daarna het onderzoek uit.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Wat gebeurt er met mijn oude telefoon?



De kans is groot dat je kapotte of hopeloos verouderde smartphone uiteindelijk in een ver land terechtkomt. Daar wordt het apparaat dan op een weinig milieuvriendelijke manier gesloopt. Zonder dat je het wilt, draag je zo bij aan de afvalproblemen die door oude elektrische apparaten worden veroorzaakt. Consumenten kunnen zelf iets aan deze afvalproblemen doen. Betere voorlichting kan hierbij helpen.

E-waste

Jaarlijks gooien we in Nederland en andere westerse landen vele miljoenen elektrische apparaten weg. Die berg afgedankte elektrische apparaten noemen we e-waste. Dat zijn niet alleen telefoons, maar ook koelkasten, computers, televisies, printers, laptops enzovoort. In Europa zijn de regels voor het verwerken van e-waste veel strenger dan in landen als China. Dit soort afval mag hier niet gestort worden op een vuilnisbelt en mag al helemaal niet verbrand worden. Recyclen wordt gestimuleerd, maar moet wel voldoen aan allerlei milieu- en veiligheidsregels. Bovendien zijn de lonen hier hoog. Dat alles maakt het verwerken van e-waste in Europa duur. Om deze reden gaat een groot deel van onze oude apparaten voor verwerking naar andere landen.



figuur 1 Kinderen werken mee aan het slopen van e-waste.

Kinderarbeid
In China en andere verre landen met lage lonen vind je in steden en dorpen duizenden gezinnen die de hele dag bezig zijn met het slopen van e-waste (figuur 1). Ook kinderen werken mee, vaak omdat hun ouders niet genoeg verdienen. Kinderen hebben daardoor geen of minder tijd om naar school te gaan. Hierdoor is de kans klein dat ze later beter werk zullen vinden.

Veel van het slopen van e-waste kan met een hamer en een tang, maar de kleine onderdeeltjes van een printplaat zijn lastiger om te verwijderen. Een printplaat is een plastic plaat waarop kleine elektronische onderdelen zoals transistors en chips zitten gesoldeerd. Het kost te veel tijd om die stuk voor stuk met een soldeerbout weg te halen. Daarom legt men de printplaat op een gloeiend hete metalen plaat (figuur 2). Zo smelt het soldeertin en kun je de onderdelen met een tangetje gemakkelijk van de printplaat halen. Maar bij dat verhitten komen ook giftige dampen vrij, zoals looddampen. Als je die dampen inademt kunnen je hart, botten, nieren en zenuwstelsel aangetast worden. Je krijgt pijn, raakt in de war en je kunt er zelfs uiteindelijk aan doodgaan.

"Laat je niet door de reclame verleiden om telkens weer een nieuw model te kopen."

Giftige dampen
Bij het slopen worden de materialen die geld opbrengen gescheiden van de waardeloze onderdelen. In de ene sorteerbak liggen stukjes aluminium, in de volgende stukjes koper en in weer een andere bak stukjes lood.
Uit e-waste kunnen zo'n zestig verschillende soorten stoffen gehaald worden, vooral metalen.



figuur 2 Door een printplaat op een gloeiend hete metalen plaat te leggen, kunnen de onderdelen gemakkelijk van de printplaat gehaald worden.

E-waste voorkomen
De meeste Chinezen die met e-waste werken weten wel dat het werk slecht is voor hun gezondheid. Maar veel mensen gaan er gewoon (illegaal) mee door, omdat ze er behoorlijk mee verdienen en ook omdat er geen ander werk is. Gelukkig worden ook in landen als China de milieuregels strenger. De Chinese overheid is begonnen met het invoeren van een verwijderingsbijdrage voor elektrische apparaten, net als bij ons. Iedereen die een apparaat aanschaft, betaalt dus mee aan de verwerking van dat apparaat als het is afgedankt. Bovendien wil de Chinese regering legale recyclebedrijven helpen met subsidies. Daardoor kunnen zij de concurrentie met illegale bedrijven beter aan.

Ook de fabrikanten van elektronica nemen maatregelen om te voorkomen dat hun producten afvalproblemen opleveren. Ze ontwerpen hun apparaten zo dat ze gemakkelijk gesloopt kunnen worden. Ook hebben ze een verdrag ondertekend waarin staat dat ze ervoor zullen zorgen dat hun producten legaal gerecycled zullen worden. Bij de winkel waar je een apparaat koopt, kun je je oude apparaat inleveren. Die winkel of het bedrijf zorgt dan voor een goede verwerking van je oude apparaten.

Maar jij als consument kunt ook iets doen. Doe bijvoorbeeld wat langer met je tablet of smartphone. Laat je niet door de reclame verleiden om telkens weer een nieuw model te kopen. En als je je telefoon niet meer wilt en hij werkt nog, maak er dan iemand anders blij mee. Als hij echt onbruikbaar is, lever hem dan in bij een milieuplein. Denk niet dat jouw keuze niets uitmaakt. Alle kleine beetjes helpen!

OPDRACHTEN

1 E-waste kan op verschillende manieren verwerkt worden.

a Hoe kunnen afgedankte apparaten nog gebruikt worden?

b Hoe wordt e-waste in China gerecycled?

c Noteer zoveel mogelijk stoffen die in afgedankte pc's en beeldschermen zitten.

d Ongeveer 6,3% van de massa van een gemiddelde bureaucomputer bestaat uit lood. Schat de massa van een bureaucomputer (zonder beeldscherm). Bereken hoeveel gram lood die bevat.

e In een ton telefoons zit maximaal 160 g goud. Schat de massa van een gemiddelde telefoon. Bereken hoeveel telefoons je minstens nodig hebt om 1,0 g goud te winnen.

2 Kritische mineralen zijn stoffen die bij de productie van elektronica onmisbaar zijn, bijvoorbeeld van smartphones, tablets en elektrische auto's. Deze mineralen worden in een beperkt aantal landen gemaakt uit delfstoffen. In figuur 3 zijn de belangrijkste productiegebieden van deze mineralen(-groepen) weergegeven.

a Waarom zouden deze mineralen 'kritisch' worden genoemd?

b Welke kritische mineralen worden in China, Rusland, de Democratische Republiek Congo en Brazilië gewonnen of geproduceerd?

c Voor een aantal kritische mineralen zal de vraag tegen 2030 naar verwachting verdrievoudigen ten opzichte van 2006. Hoe komt het dat de vraag sterk toeneemt?

d De schaarste aan deze grondstoffen wordt niet alleen veroorzaakt door de beperkte beschikbaarheid in de bodem, maar ook doordat producerende landen de export ervan beperken. Waarom zou een land dit doen?

e Volgens de Europese Commissie zijn veel kritische mineralen in de 'verkeerde' landen aanwezig. Wat zou de Commissie daarmee bedoelen? Geef een voorbeeld van zo'n land.

f De zeldzame aardmetalen worden in het Engels *Rare Earth Elements* (REE) genoemd. De REE hebben zeer veel (hightech) toepassingen en zijn dus uiterst waardevol. In welk land worden de meeste REE's gewonnen?

3 In figuur 3 zie je een groot aantal kritische mineralen. Kies er een uit en maak over dit mineraal een poster waarop je aandacht besteedt aan ten minste de volgende zaken:

- Welke stofeigenschappen heeft het mineraal?
- Waar wordt het mineraal gevonden?
- Wat zijn de toepassingen van het mineraal?
- Wat is de prijs en zeldzaamheid van het mineraal?



figuur 3 De landen waar kritische mineralen gewonnen of geproduceerd worden.

Leerstofoverzicht

2.1 STOFEIGENSCHAPPEN

ONTHOUD

- Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je stofeigenschappen. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn: geur, kleur, smaak en brandbaarheid.
- Een stof kan op meerdere manieren gevaarlijk zijn:
  - als je de stof inademt;
  - als je de stof inslikt;
  - als je de stof op je kleren, op je huid of in je ogen krijgt;
  - als je met vuur bij de stof komt;
  - als je de stof mengt met een andere stof.
- Op de verpakkingen van gevaarlijke stoffen staan waarschuwingen. De gevaren worden bovendien aangegeven met pictogrammen, ook wel gevarensymbolen genoemd.

BEGRIPPEN

brandbaarheid
Stofeigenschap die aangeeft hoe goed een stof kan branden.

gevarensymbool
Afbeelding (pictogram) die aangeeft voor welk gevaar je moet oppassen.

stofeigenschap
Eigenschap waaraan je een stof kunt herkennen en die je kunt gebruiken om stoffen te onderscheiden.

2.2 ZUIVERE STOFFEN EN MENGSELS

ONTHOUD

- Een mengsel bestaat uit meerdere stoffen. Een zuivere stof bestaat uit één stof.
- Stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes. Deze deeltjes worden moleculen genoemd.
- Afmetingen van moleculen worden gemeten in nanometers. 1 nm = 0,000 000 001 m.
- Als je een vaste stof mengt met een vloeistof en de vaste stof verdwijnt, dan ontstaat een oplossing. Oplossingen zijn altijd helder. Je kunt erdoorheen kijken.
- Als een vloeibaar mengsel troebel (ondoorzichtig) is, kan het dus geen oplossing zijn. Zo'n mengsel is een suspensie.
- Met heet water, maar ook met alcohol en andere vloeistoffen, kun je geur-, kleur- en smaakstoffen uit vaste stoffen halen. Je krijgt dan een oplossing. Dit proces noem je extraheren.
- Alcohol is een oplosmiddel voor vetten en oliën.
- Met een filter kun je een vaste stof van een vloeistof scheiden. In een filter zitten heel kleine gaatjes. De vaste stof die achterblijft in het filter noem je het residu. De vloeistof die door het filter heen gaat, is het filtraat. Dit proces noem je filtreren.

BEGRIPPEN

concentratie
De hoeveelheid opgeloste stof in een liter water.

extraheren
Scheidingsmethode om oplosbare vaste stoffen te scheiden van niet-oplosbare vaste stoffen.

filtraat
De vloeistof die door het filter heen loopt tijdens het filtreren.

filtreren
Scheidingsmethode om een vaste stof te scheiden van een vloeistof met behulp van een filter.

mengsel
Stof die uit twee of meer soorten moleculen bestaat.

moleculen
Heel kleine deeltjes waar stoffen uit bestaan.

oplossing
Mengsel van twee (of meer) stoffen waarbij de opgeloste stof volledig is opgenomen in het vloeibare oplosmiddel.

residu
Deeltjes die achterblijven op het filter nadat alle vloeistof door het filter is gelopen.

suspensie
Vloeistof waarin een fijn verdeeld poeder zweeft.

zuivere stof
Stof die uit één soort moleculen bestaat.

2.3 MASSA EN VOLUME

ONTHOUD

- Met een weegschaal kun je de massa van een voorwerp of een hoeveelheid stof bepalen. De massa wordt gemeten in de eenheid kilogram (kg). 1 kg = 1000 g.
- Met een maatcilinder kun je het volume van een hoeveelheid vloeistof bepalen. Het volume is de ruimte die de vloeistof inneemt. Je meet het volume in liter (L) of milliliter (mL). 1 L = 1000 mL.
- Van rechthoekige voorwerpen kun je het volume berekenen met de formule: $V = l \cdot b \cdot h$.
- Van een cilinder kun je het volume berekenen met de formule: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$.
- Het volume van onregelmatig gevormde voorwerpen kun je bepalen met de onderdompelmethode.

BEGRIPPEN

massa
Maat die aangeeft uit hoeveel stof een voorwerp bestaat.

onderdompelmethode
Methode om het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm te bepalen.

volume
Maat voor de ruimte die een voorwerp of stof inneemt.

2.4 DICHTHEID

ONTHOUD

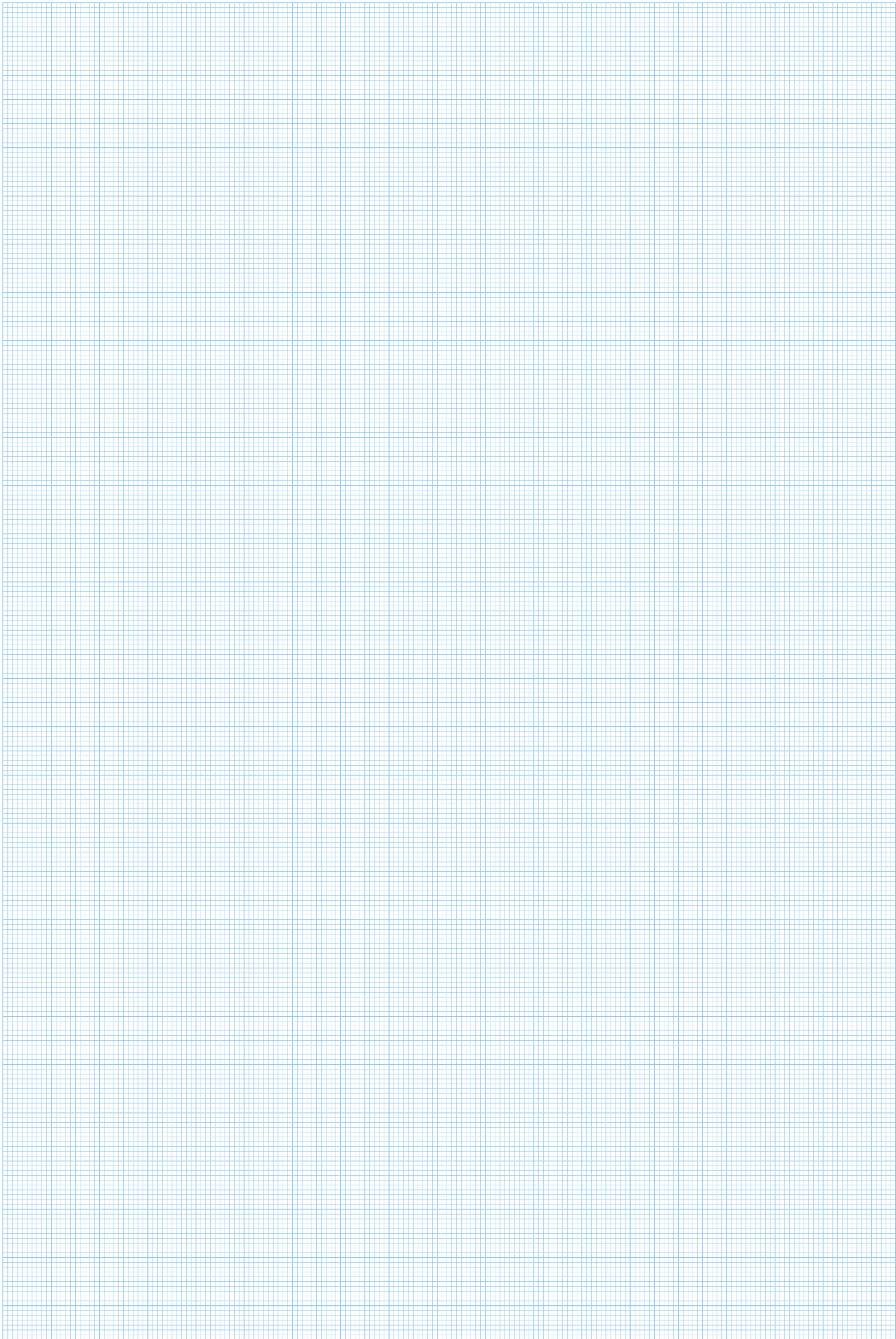
- Om te bepalen welke van twee stoffen het ‘lichtst’ is, kun je stoffen eerlijk vergelijken door de massa van 1 cm^3 van beide blokjes te bepalen. Het blokje met de kleinste massa is gemaakt van de ‘lichtste’ stof.
- De dichtheid van een stof geeft aan hoe groot de massa is van een blokje van 1 cm^3 van die stof. De dichtheid is een stofeigenschap.
- Je kunt de dichtheid van een stof berekenen met de formule: $\rho = \frac{m}{V}$
- Een voorwerp drijft op water als de dichtheid van het voorwerp kleiner is dan de dichtheid van water (1,0 g/cm^3).
- Een voorwerp zinkt in water als de dichtheid van het voorwerp groter is dan de dichtheid van water.
- Een voorwerp zweeft in water als de dichtheid van het voorwerp precies gelijk is aan de dichtheid van water.

BEGRIPPEN

dichtheid
De massa van 1 cm^3 van een stof.



Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.



3 Water

HET WEER

Water en het weer hebben veel met elkaar te maken. Een feest is geen feest meer als de regen opeens met bakken uit de hemel komt. Wintersporters kunnen niet skiën als er te weinig sneeuw is gevallen. Mist en ijzel kunnen het verkeer helemaal lam leggen. Maar als het erg warm is, kan water ook voor verkoeling zorgen.



1 IJs, water, waterdamp

LEERDOELEN

3.1.1 Je kunt de drie fasen van water herkennen in de praktijk.
3.1.2 Je kunt de drie fasen waarin water kan voorkomen beschrijven met het deeltjesmodel.
3.1.3 Je kunt uitleggen wat cohesie en adhesie zijn.
3.1.4 Je kunt met het deeltjesmodel verklaren waarom ijs en veel andere vaste stoffen een kenmerkende kristalstructuur hebben.
EXTRA 3.1.5 Je kunt beschrijven hoe een weerradar vormen van neerslag zichtbaar maakt op een scherm.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.1.4	3.1.5
Onthouden	1abcde		6a	9a	12abc
Begrijpen	3b, 4abc, 8ab	2ab	6bc	9bc	
Toepassen	3a, 8c	5ab	7ab		13bc
Analyseren		5c, 11ab		10	13a, 14

Regen, sneeuw, mist, hagel, rijp en dauw zien er heel verschillend uit. Regen heeft doorzichtige druppels, sneeuwvlokken zijn wit en donzig en mist is een dichte, grijze nevel die je het zicht beneemt op de wereld om je heen. Toch gaat het steeds om dezelfde stof: water.

VAST, VLOEIBAAR EN GASVORMIG

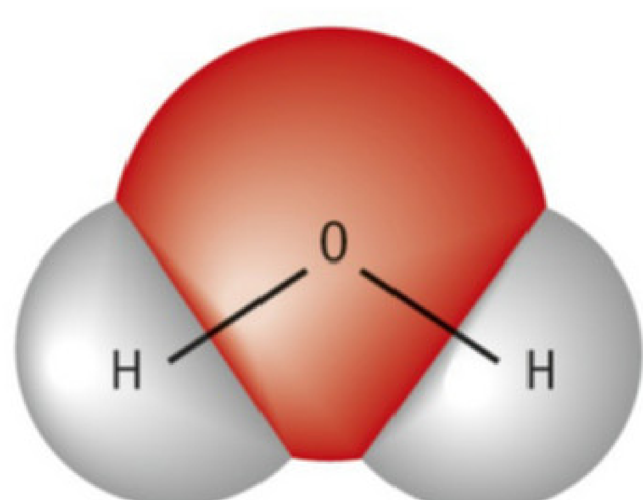
Water kan, net als veel andere stoffen, voorkomen in drie toestanden:

- als **vaste stof**: ijs;
- als **vloeistof**: (vloeibaar) water;
- als **gas**: waterdamp.

Deze drie toestanden worden ook wel **fasen** genoemd. Vrijwel alle stoffen kunnen in deze drie fasen voorkomen.

Het is verwarrend dat woorden in het dagelijks leven soms iets anders betekenen dan in de natuurkunde of scheikunde. In het dagelijks leven is ijs iets anders dan water. Daar wordt het woord ‘water’ alleen gebruikt voor de vloeibare fase van de stof water. In de natuurkunde en scheikunde verwijst het woord ‘water’ naar de stof water en is ijs de vaste vorm van de stof water. Zo’n verschil in betekenis tussen de taal van het dagelijks leven en die van de natuur- en scheikunde zul je nog wel vaker tegenkomen.

Als je het over de stof zelf hebt, kun je ook de molecuulformule voor water gebruiken. Water bestaat uit watermoleculen. Zo’n watermolecuul bestaat weer uit kleinere deeltjes: de **atomen**. Atomen zijn de bouwstenen van moleculen. Een watermolecuul bestaat uit twee waterstofatomen (H) en één zuurstofatoom (O). Dat zie je in figuur 1. De molecuulformule van de stof water is dan ook H_2O.



figuur 1 Een watermolecuul bestaat uit twee waterstofatomen en één zuurstofatoom.

REGEN, SNEEUW, MIST

Sneeuw, hagel en rijp (figuur 2) bestaan uit ijs. Als je een handvol sneeuw of hagel oppakt, smelt het ijs in je warme hand en blijft er alleen wat smeltwater over. Regen, mist en dauw bestaan uit waterdruppels. Bij regen en dauw kun je die druppels vaak goed zien, bij mist zijn ze microscopisch klein.



figuur 2 Rijp op een tak.

In het dagelijks leven wordt het woord ‘waterdamp’ gebruikt voor een nevel die uit fijne druppeltjes water bestaat. Die nevel kun je gewoon zien. In de natuur- en scheikunde is dat anders. Daar is waterdamp geen nevel, maar een onzichtbaar gas in de lucht om je heen. Dit gas bestaat uit losse watermoleculen die tussen de moleculen van de lucht zweven.
Een nevel van hete waterdruppeltjes wordt vaak ‘stoom’ genoemd. Ook dat is niet juist. Stoom is hete waterdamp. Stoom is dus ook een onzichtbaar gas.

In de lucht die je uitademt zit veel waterdamp. Op koude dagen kun je de waterdamp zien *condenseren*. Vlak voor je mond verschijnt dan een klein nevelwolkje (figuur 3). Condenseren is het veranderen van damp in vloeistof. Het woord condenseren komt van het Latijnse *com* = samen en *densare* = verdichten.



figuur 3 Als de lucht koud is, ontstaan er zichtbare ‘nevelwolkjes’ tijdens het uitademen.

DE FASEN IN HET DEELTJESMODEL

Het is nog altijd lastig om moleculen zichtbaar te maken en te onderzoeken wat ze doen. Maar je kunt wel proberen om je hun gedrag voor te stellen. Je maakt dan een 'model van een stof'. In de natuurkunde en scheikunde wordt veel gebruikgemaakt van het **deeltjesmodel**. De moleculen van de stof zijn altijd hetzelfde, of de stof nu vast, vloeibaar of gasvormig is. Dat een stof verschillende fasen heeft, komt doordat de moleculen op verschillende manieren kunnen bewegen (en niet doordat de moleculen zelf veranderen). In het model worden moleculen weergegeven als bolletjes. Dat die moleculen vaak uit atomen bestaan, is voor het begrijpen van de fasen niet belangrijk. Een model helpt je om iets te begrijpen en dan laat je onbelangrijke dingen weg.

Vaste stof

In een vaste stof hebben alle moleculen een eigen, vaste plaats (figuur 4a). De moleculen staan niet helemaal stil. Ze trillen voortdurend heen en weer rond een gemiddelde 'evenwichtsstand', zonder hun vaste positie ten opzichte van de andere moleculen kwijt te raken. Een blok ijs heeft daardoor niet alleen een vast volume, maar ook een vaste vorm.

figuur 4 De moleculen in een vaste stof (a), een vloeistof (b) en een gas (c).



Vloeistof

In een vloeistof hebben de moleculen geen vaste plaats. Ze bewegen voortdurend in alle richtingen langs elkaar heen (figuur 4b). Doordat de moleculen niet aan een vaste plaats gebonden zijn, heeft een waterdruppel geen vaste vorm. De moleculen blijven wel zo dicht mogelijk bij elkaar. Daardoor heeft een druppel water wel een vast volume.

Gas

De moleculen in een gas bewegen los van elkaar. Ze verspreiden zich meteen over de ruimte waar het gas in zit (figuur 4c). Hun onderlinge afstand is gemiddeld erg groot. De moleculen beïnvloeden elkaar niet, behalve wanneer ze op elkaar botsen. Een gas zoals waterdamp heeft daardoor geen vaste vorm en ook geen vast volume.

COHESIE EN ADHESIE

Moleculen van dezelfde stof trekken elkaar aan. Dat heet **cohesie** (Latijn voor samenhang). Er kan ook een aantrekkingskracht bestaan tussen moleculen van verschillende stoffen. Dat heet **adhesie**. Cohesie zorgt ervoor dat een waterdruppel een bolvorm aanneemt. Adhesie zorgt ervoor dat een waterdruppel aan een kraan blijft hangen (figuur 5).



figuur 5 Een waterdruppel aan een kraan is een samenspel van cohesie en adhesie.

Bij materialen die water absorberen, zoals keukenpapier en tissues, is de adhesie tussen de watermoleculen en de moleculen van het keukenpapier groter dan de cohesie van de watermoleculen onderling. Daardoor trekt het water in het keukenpapier.
Bij andere stoffen is dat precies omgekeerd. Waterdruppels blijven bijvoorbeeld als bolletjes op een vettig oppervlak liggen, omdat vet- en watermoleculen elkaar niet aantrekken en de watermoleculen onderling dat wel doen. Er is dus geen adhesie, alleen cohesie.

KRISTALLEN

Sneeuw bestaat uit ijskristallen die allerlei mooie vormen hebben. Toch kun je in al die verschillende vormen dezelfde zeshoekige structuur herkennen. Deze **kristalstructuur** is kenmerkend voor ijs (figuur 6). Veel vaste stoffen hebben een eigen kenmerkende kristalstructuur. Stoffen die uit kristallen bestaan heten **kristallijne stoffen**.



figuur 6 De ijskristallen in sneeuwvlokken hebben een herkenbare, zeshoekige structuur.

Dat kristallen een vaste vorm hebben, kun je verklaren met het deeltjesmodel. Omdat de moleculen van een stof allemaal gelijk zijn, kunnen ze op een regelmatige manier ‘gestapeld’ worden, net zoals sinaasappels in een supermarkt (figuur 7). Zo ontstaat een **kristalrooster** waarin elk molecuul een vaste plaats heeft.

Kristallen kunnen microscopisch klein zijn, maar ook centimeters groot. Een stuk bergkristal bestaat uit grote kristallen die aan elkaar zijn vastgegroeid. De kristalstructuur is dan ook met het blote oog goed waarneembaar (figuur 8). Metalen bestaan uit een samenklontering van heel veel kleine kristalletjes.



figuur 7 Moleculen zijn geordend in kristallen, net zoals deze sinaasappels in een stapel.



figuur 8 Een stuk bergkristal.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DE BUIENRADAR

Een buienradar, of beter weerradar, kan regen en andere vormen van neerslag zichtbaar maken op een scherm. Zo'n weerradar kan laten zien waar het regent, hoe hard het regent en in welke richting de buien zich verplaatsen. Ook kan een weerradar vaststellen of het gaat om regen, hagel of sneeuw.
De weerradar ziet altijd de vaste fase van water: sneeuw en hagel. De vloeibare fase, regen, ziet de weerradar niet altijd. De druppeltjes van miezerregen bijvoorbeeld zijn te klein voor de weerradar. En waterdamp ziet een weerradar al helemaal niet.



figuur 9 In deze witte koepel draait de weerradar van het KNMI in De Bilt.

Radar werd in de Tweede Wereldoorlog uitgevonden. Daarmee konden vijandelijke vliegtuigen op grote afstand worden opgespoord. Nu maken ook meteorologen (weerkundigen) er uitgebreid gebruik van (figuur 9). Een radar is een apparaat dat radiogolven uitzendt. Radiogolven zijn geschikt om voorwerpen in de lucht waar te nemen. Dit werkt als volgt. Een radar zendt golven uit. Deze golven worden teruggekaatst door een voorwerp, waarna de radar de terugkerende golven opvangt. Uit de tijd die is verstreken tussen het uitzenden en terugontvangen van de golven kan de radarcomputer berekenen hoe ver weg het voorwerp is (figuur 10).



figuur 10 Met radargolven kun je voorwerpen in de lucht 'waarnemen'.

Het is voor allerlei verschillende doelgroepen belangrijk te weten waar neerslag gaat vallen, hoeveel neerslag er gaat vallen en wanneer die neerslag gaat vallen. Een app of website als buienradar is dan snel geraadpleegd. Denk eens aan landbouwers. Veel neerslag kan de oogst verwoesten, wat kan leiden tot tekorten en hogere prijzen. Als een landbouwer weet wanneer het gaat regenen, kan hij besluiten nog even te wachten met het sproeien van bestrijdingsmiddelen tegen insecten, zodat er minder van deze stoffen in de bodem terechtkomen. Ook voor Rijkswaterstaat is het belangrijk te weten wanneer er bijvoorbeeld veel regen in een korte tijd gaat vallen. Rijkswaterstaat kan dan besluiten wegen af te sluiten die onder kunnen lopen of om pompen in te zetten. Ook voor het verkeer, de luchtvaart en georganiseerde evenementen is het belangrijk te weten of er neerslag aankomt.

1 In welke fase is de stof water bij de volgende weersverschijnselen?

a regen: *vast / vloeibaar / gas*
b sneeuw: *vast / vloeibaar / gas*
c hagel: *vast / vloeibaar / gas*
d mist: *vast / vloeibaar / gas*
e rijp: *vast / vloeibaar / gas*

2 De moleculen in een hagelsteen vertonen ander 'gedrag' dan de moleculen in een regendruppel.

a Welk belangrijk verschil is er volgens het deeltjesmodel?
b Een regendruppel heeft geen vaste vorm, maar wel een vast volume. Geef hiervoor een verklaring met behulp van het deeltjesmodel.

3 De foto in figuur 11 is vlak na een ijzelbui gemaakt. De ijzel heeft een doorzichtig laagje gevormd op een tak.

a In welke fase was het water toen het de tak raakte? Waaraan zie je dat?
b In welke fase was het water toen de foto gemaakt werd? Waaraan zie je dat?



figuur 11 Een ijzellaagje op een tak.

4 Ook brandstoffen kunnen vast, vloeibaar of gasvormig zijn. Geef een voorbeeld uit het dagelijks leven:

a van een brandstof die gewoonlijk vast is;
b van een brandstof die gewoonlijk vloeibaar is;
c van een brandstof die gewoonlijk gasvormig is.

★ 5 Leg met behulp van het deeltjesmodel uit hoe het komt:

a dat je een gas gemakkelijk kunt samenpersen, maar een vloeistof niet;
b dat je water uit een bakje kunt gieten;
c dat je snel overal in het practicumlokaal kunt ruiken dat er een gaskraan openstaat.

6 Verklaar de volgende verschijnselen en gebruik daarbij de begrippen cohesie en adhesie:

a dat een waterdruppel aan een kraan blijft hangen;
b dat je met een krijtje op een bord of op een stoeptegel kunt schrijven;
c dat waterdruppels van de veren van een eend afrollen zonder dat de veren nat worden.

7 Als je een suikerklontje met één uiteinde in een kop thee houdt, wordt het klontje helemaal donker.

a Leg uit hoe dat komt. Gebruik daarbij de woorden ‘adhesie’ en/of ‘cohesie’.

b Als je een plastic roerstaafje in de thee houdt, wordt het niet donker ondanks dat er wel adhesie optreedt tussen de moleculen die samen de thee vormen en moleculen van het roerstaafje. Geef daarvoor twee mogelijke verklaringen.

8 In figuur 12 zie je een ketel met kokend water.

a In welke fase is het water bij A? Waaraan zie je dat?

b In welke fase is het water bij B? Waaraan zie je dat?

c Hete waterdamp wordt ook wel stoom genoemd.
Waar is het water stoom, bij A of bij B? Licht je antwoord toe.



figuur 12 In welke fasen is het water?

9 Sommige stoffen zijn kristallijn.

a Wat wordt daarmee bedoeld?

b Verklaar de naam ‘kristalsuiker’.

c De kristalstructuur is uitgelegd met een model van het stapelen van sinaasappels.
Leg met behulp van dit model uit dat een stof verschillende kristalroosters kan hebben.

★ 10 Leg met behulp van het deeltjesmodel uit hoe het komt dat je een kristal alleen in bepaalde richtingen mooi in tweeën kunt splijten.

★ 11 Een vloeistof heeft geen vaste vorm, omdat de moleculen voortdurend in alle richtingen langs elkaar heen bewegen. Een vloeistof heeft wel een vast volume, omdat de moleculen zo dicht mogelijk bij elkaar blijven.

a Bedenk een proef waarmee je kunt laten zien dat een vloeistof geen vaste vorm heeft.

b Bedenk een proef waarmee je kunt laten zien dat een vloeistof een vast volume heeft.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

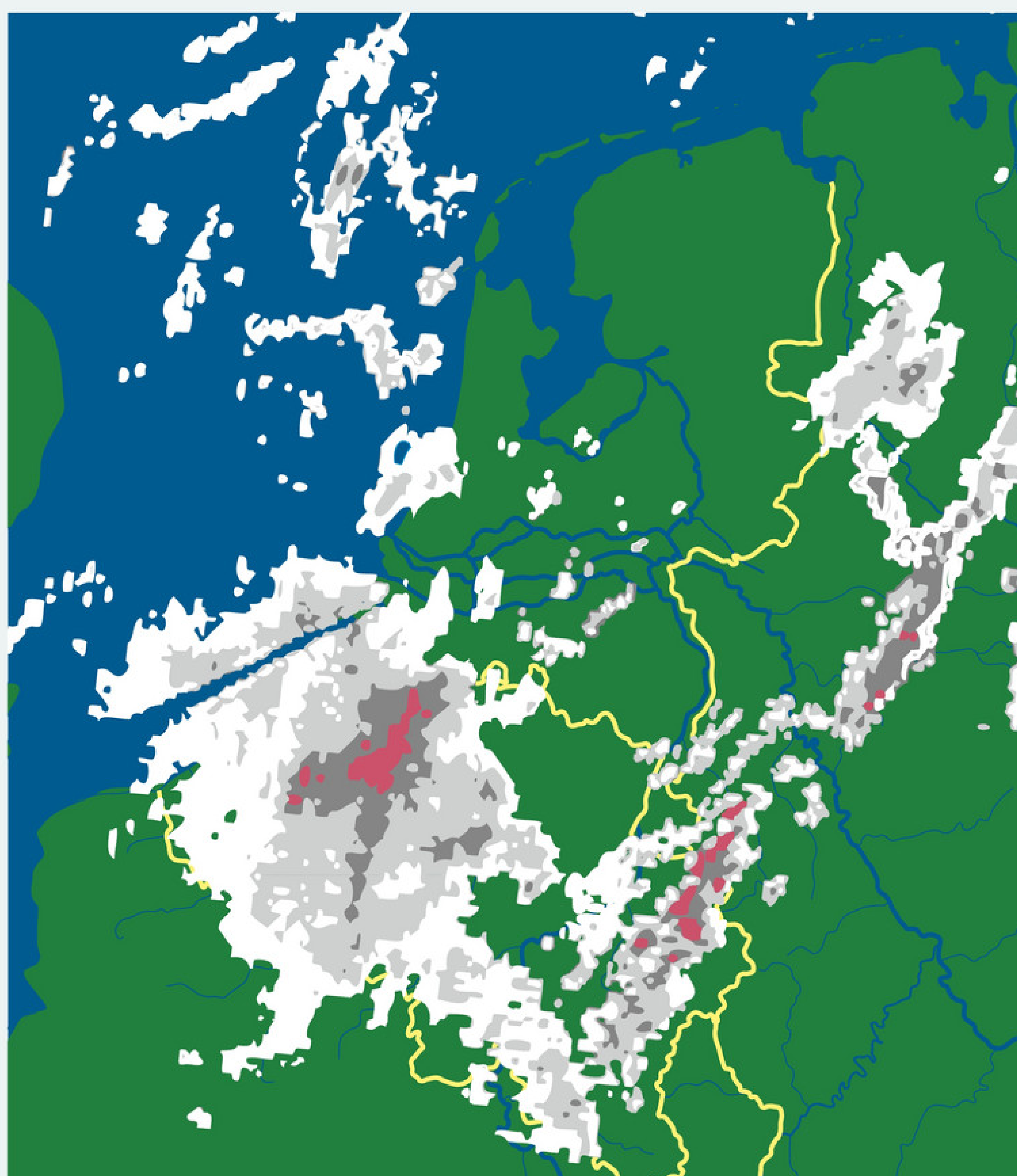
EXTRA DE BUIENRADAR

12 Een weerradar werkt met radiogolven.

a Leg uit hoe je met radiogolven een voorwerp in de lucht kunt waarnemen.
b Leg uit hoe een weerradar kan bepalen hoe ver weg een regenbui is.
c Leg uit hoe een weerradar de snelheid van een regenbui kan bepalen.

★ 13 Een aantal jaren geleden is in de buurt van de weerradar van het KNMI in De Bilt een groot kantoor gebouwd. De radar gaf toen beelden zoals in figuur 13.

a Hoe kun je dat beeld verklaren?
b Waarom hebben weerradars over het algemeen geen last van gewone huizen?
c Nu zie je het effect van dat gebouw niet meer op de weerradar. Kennelijk heeft men het probleem opgelost. Bedenk een manier waarop dat zou kunnen.



figuur 13 Verstoord beeld van de weerradar.

★ 14 De beelden van de buienradar komen niet altijd overeen met de werkelijkheid. Als er een gebied van zware neerslag aankomt met daarachter een gebied met lichtere neerslag, dan geeft buienradar soms aan dat het droog is achter het gebied met zware neerslag.
Leg uit hoe dat komt.

2 Temperatuur

LEERDOELEN

3.2.1 Je kunt de onderdelen van een vloeistofthermometer benoemen en uitleggen hoe deze werkt.
3.2.2 Je kunt uitleggen wat het meetbereik van een thermometer is.
3.2.3 Je kunt een thermometer voorzien van een schaalverdeling in graden Celsius door gebruik te maken van het smeltpunt van ijs en het kookpunt van water.
3.2.4 Je kunt beschrijven hoe je de temperatuur van de lucht om je heen kunt meten.
3.2.5 Je kunt uitleggen wat een digitale thermometer is.
EXTRA 3.2.6 Je kunt uitleggen waarom en hoe op een vliegveld snel de lichaamstemperatuur van reizigers gemeten wordt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.2.4	3.2.5	3.2.6
Onthouden	1a		2a	5	1b, 7a	
Begrijpen	4bc	6abc	2b		8bcde	10abd, 11a, 12ab
Toepassen	3b, 6bc, 7bc	9abc	3a		7bc, 8af	11bc, 12c
Analyseren	4a				6d, 8g	10c

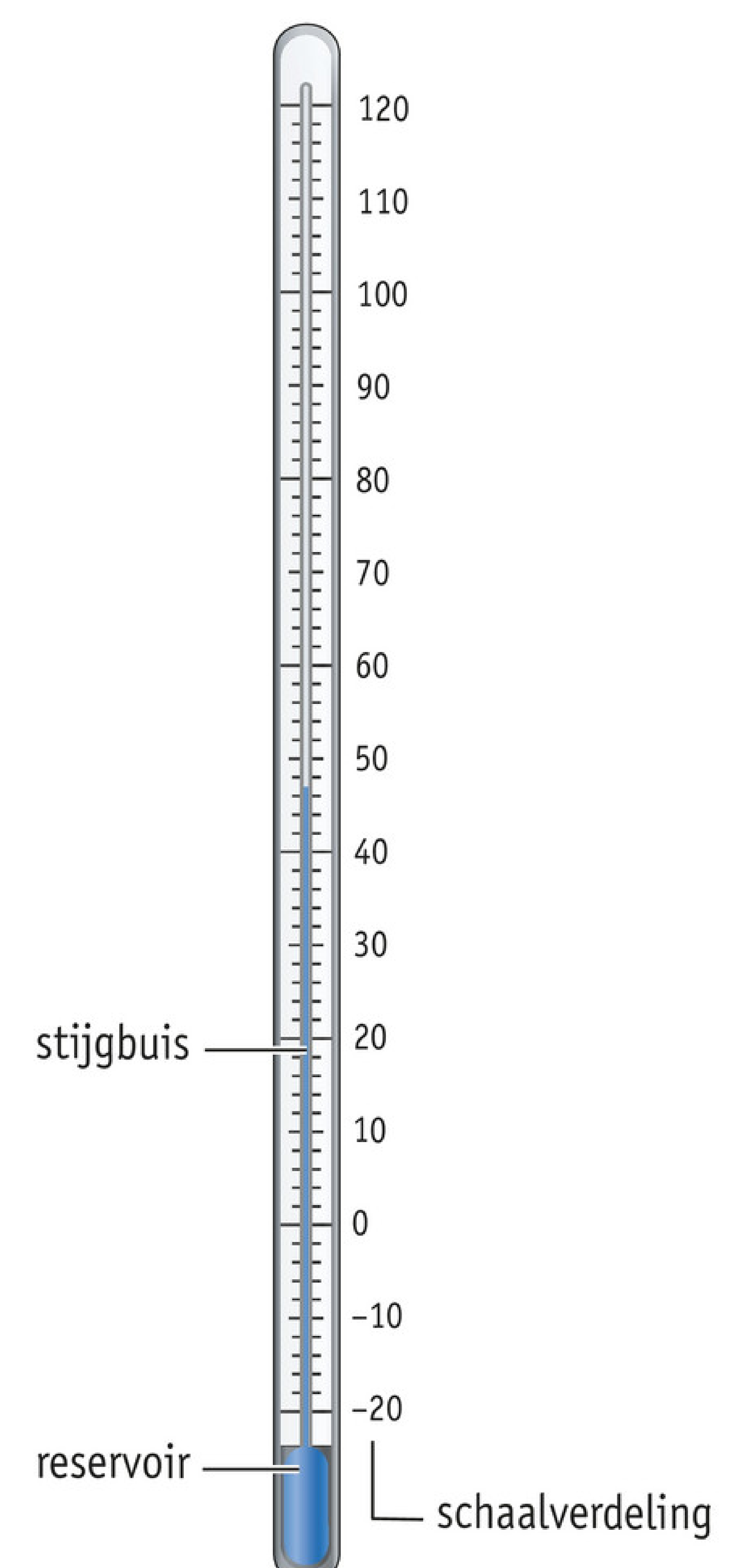
Meteorologen, een andere naam voor weerkundigen, maken een weersverwachting voor de komende dagen. Daarvoor gebruiken ze een netwerk van meetstations door heel Europa. Omdat ze de meetgegevens van vele jaren bewaren, kunnen meteorologen trends ontdekken. Een van de grootheden die bij zo'n meetstation gemeten wordt, is de temperatuur van de lucht.

DE VLOEISTOFTHERMOMETER

Het meetinstrument voor temperatuur is de **thermometer** (van het Griekse *thermè* = warmte). De **vloeistofthermometer** wordt al honderden jaren gebruikt. Zo'n thermometer bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis** waarlangs een schaalverdeling is aangebracht (figuur 1). Het reservoir en een deel van de stijgbuis zijn gevuld met een vloeistof. In moderne thermometers wordt alcohol gebruikt, waaraan voor betere zichtbaarheid een kleurstof is toegevoegd. Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof in het reservoir uit. De vloeistof gaat dan in de stijgbuis omhoog. Als de temperatuur daalt, krimpt de vloeistof weer en daalt het vloeistofniveau. Omdat de buis erg nauw is, zie je de vloeistof al bij kleine temperatuurverschillen stijgen of dalen.

Je leest de temperatuur af door de hoogte van de vloeistof te vergelijken met de schaalverdeling langs de stijgbuis. In het dagelijks leven worden thermometers gebruikt met een schaalverdeling in graden Celsius (°C).

Het verschil tussen de hoogste en laagste temperatuur die je met een thermometer kunt meten, noem je het **meetbereik** van de thermometer. Het meetbereik van de thermometer in figuur 1 loopt van –20 °C tot 120 °C.



figuur 1 Een vloeistofthermometer.

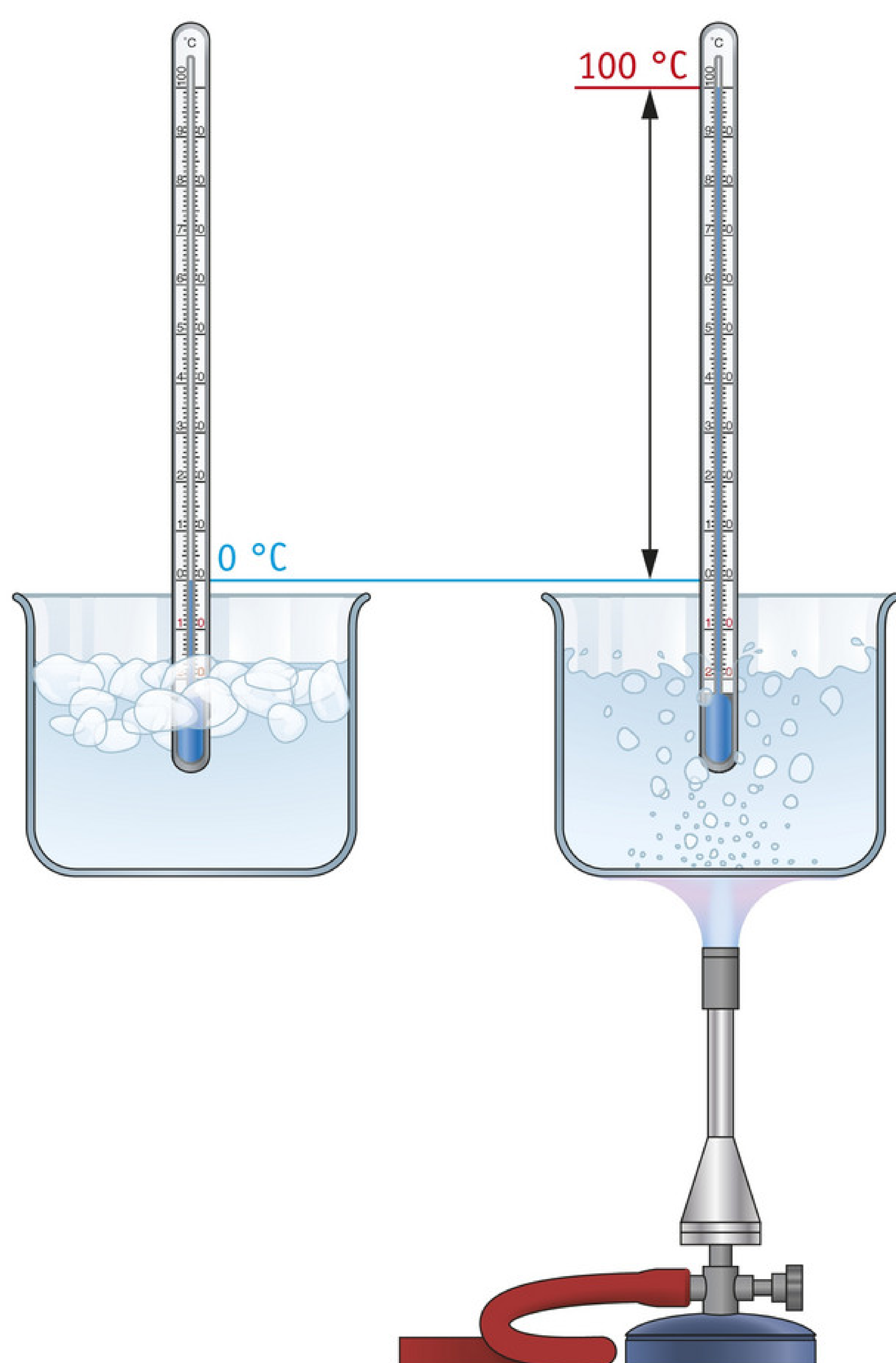
IJKEN

PROEF 1

Het maken of controleren van een schaalverdeling op een meetinstrument heet **ijken**. In figuur 2 is getekend hoe je een thermometer kunt voorzien van een schaalverdeling in graden Celsius: de celsiusschaal.

1 Neem als nulpunt (0 °C) het niveau van de vloeistof bij de temperatuur van smeltend ijs.
2 Neem als honderdpunt (100 °C) het niveau van de vloeistof bij de temperatuur van kokend water.
3 Verdeel de afstand tussen deze twee punten met streepjes in tien gelijke delen. Tussen de streepjes zit dan telkens een verschil van 10 °C.
4 Zet ten slotte ook streepjes met dezelfde tussenruimte onder het nulpunt en boven het honderdpunt.

Het is een kwestie van afspraak dat het smeltpunt van water precies 0 °C is en het kookpunt van water precies 100 °C. In Amerika bijvoorbeeld gebruikt men niet de schaal van Celsius, maar die van Fahrenheit. Bij die schaal hoort een ander nul- en een ander honderdpunt. Daar horen dus ook andere getallen bij het smeltpunt (32 °F) en kookpunt (212 °F) van water.



figuur 2 Het maken van de schaalverdeling voor de temperatuur.

DE TEMPERATUUR METEN

Als je een thermometer in de zon hangt, krijgt hij een hogere temperatuur dan de buitenlucht. Een thermometer die in de zon hangt, kan de luchttemperatuur daardoor niet juist aangeven. Weerkundigen hangen hun thermometers daarom 1,5 m boven de grond, in een witgeschilderd kastje. In de wanden van zo'n 'weerhut' zitten openingen waar de wind vrij doorheen kan waaien (figuur 3). De thermometers in de weerhut nemen de temperatuur aan van de voorbijstromende lucht. Zo kan de luchttemperatuur betrouwbaar gemeten worden.
In de meteorologie is precies voorgeschreven hoe en waar er gemeten moet worden. Dat geldt ook voor bijvoorbeeld luchtvochtigheid en windsnelheid.



figuur 3 Een weerkundige leest de temperatuur af.

TEMPERATUURSENSOREN

Om de temperatuur te meten, gebruik je tegenwoordig meestal een **digitale thermometer**. Die geeft de temperatuur aan met cijfers op een schermpje zodat je in één oogopslag ziet hoe hoog de temperatuur is. Een digitale thermometer werkt met een **sensor** (van het Latijnse *sentire* = voelen). Een sensor is een klein stukje elektronica dat een grootheid, bijvoorbeeld temperatuur, omzet in een elektrisch signaal. De elektronica maakt van dat signaal dan een getal dat je op een scherm kunt aflezen.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA TEMPERATUUR METEN OP VLIEGVELDEN

Met een ernstige besmettelijke ziekte mag je niet reizen. Zo voorkom je dat je andere mensen infecteert, die dan ook ziek worden. In 2020 en 2021 besmette het coronavirus wereldwijd miljoenen mensen met veel doden tot gevolg. Mensen die besmet waren met het coronavirus, mochten toen niet meer vliegen. Van het coronavirus krijgen de meeste mensen koorts. Hun lichaamstemperatuur is dan hoger dan 38 °C.

Om die reden wordt op vliegvelden de temperatuur van reizigers gemeten. Om van veel mensen in een korte tijd de temperatuur te kunnen meten, worden warmtestralingsthermometers gebruikt. Ieder mens zendt namelijk warmtestraling uit. Deze warmtestraling kun je met het blote oog niet zien, maar een warmtestralingsthermometer neemt deze straling wel waar. Hoe hoger de lichaamstemperatuur, hoe meer warmtestraling dat lichaam uitzendt. Een ander woord voor warmtestraling is infrarode straling of ir-straling. Daarom wordt een warmtestralingsthermometer ook wel een infraroodthermometer genoemd.

Een warmtestralingsthermometer maakt een thermogram (figuur 4). Dat is een plaatje waarbij verschillende temperaturen met verschillende kleuren worden aangeduid. Door de kleuren in het thermogram te bekijken, is de temperatuur vast te stellen. Als iemand koorts heeft, mag hij of zij het vliegtuig of het land niet in.



figuur 4 Thermogram van een groep mensen.

1 Er bestaan verschillende soorten thermometers.
a Uit welke twee onderdelen bestaat een vloeistofthermometer?
b Welke twee onderdelen zijn kenmerkend voor een digitale thermometer?

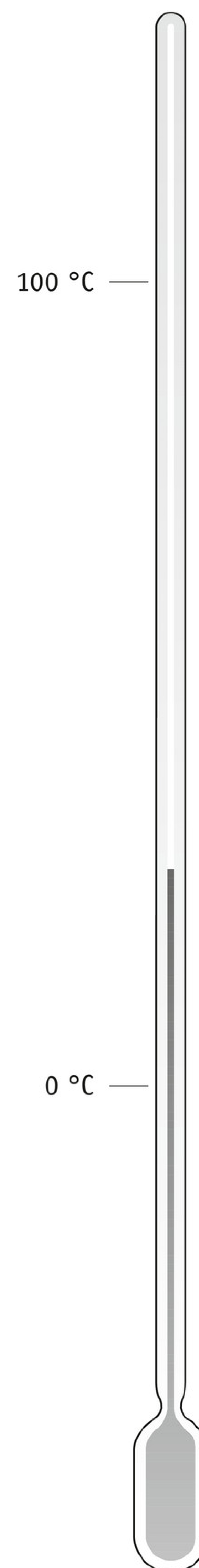
2 Als je een thermometer hebt gekocht, kun je onderzoeken of deze goed geijkt is.
a Leg uit hoe je een thermometer kunt ijken zonder een andere thermometer te gebruiken.
b Leg uit hoe je een thermometer kunt ijken met behulp van een goed geijkte thermometer.

★ 3 Henk heeft op een vloeistofthermometer zonder schaalverdeling het nulpunt en het honderdpunt aangegeven (figuur 5).
a Welke temperatuur geeft de thermometer van figuur 5 aan?
b Vervolgens zet Henk streepjes op de stijgbuis. Hierbij gaat hij ervan uit dat het vloeistofniveau op een 'regelmatige' manier stijgt als de temperatuur toeneemt.
Leg uit wat Henk daarmee bedoelt.

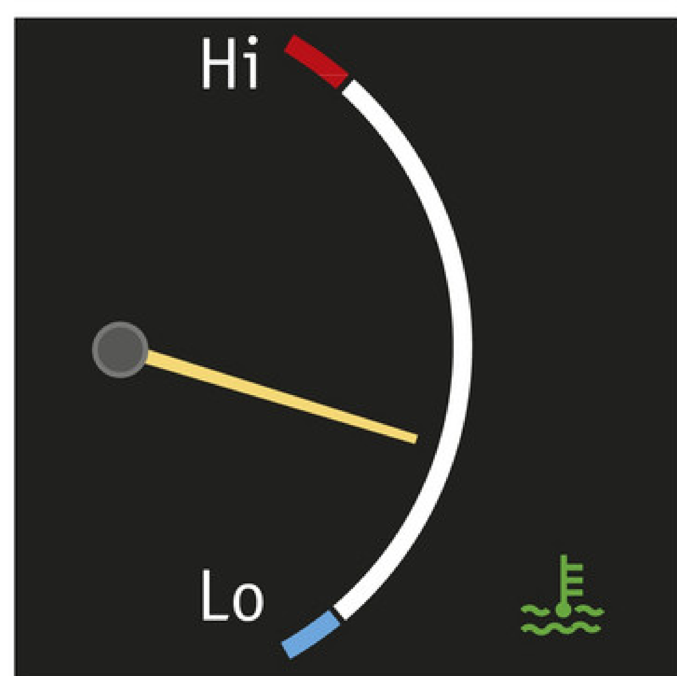
4 Tussen de graadstrepen van een vloeistofthermometer zit steeds een bepaalde afstand.
a Hoe moet je de stijgbuis en het reservoir aanpassen als je een grotere afstand wilt tussen de graadstrepen?
○ A De stijgbuis nauwer maken en het reservoir groter.
○ B De stijgbuis nauwer maken en het reservoir kleiner.
○ C De stijgbuis wijder maken en het reservoir groter.
○ D De stijgbuis wijder maken en het reservoir kleiner.
b Welk voordeel heeft een grotere afstand tussen de graadstrepen?
c Welke nadelen heeft een grotere afstand tussen de graadstrepen?

5 In de tuin hangt een thermometer op een muur waar de zon op schijnt.
Leg uit waarom die thermometer een verkeerde temperatuur aangeeft.

6 Automotoren worden gekoeld met een koelvloeistof. Op het dashboard wordt aangegeven hoe hoog de temperatuur van de koelvloeistof in de motor is (figuur 6).
a In hoeveel delen is de temperatuurschaal verdeeld?
b Wat betekenen de aanduidingen 'Hi' en 'Lo'?
c Leg uit waarom deze temperatuurschaal handiger is voor een automobilist dan een schaal in °C.
d Zit de temperatuursensor op het dashboard of onder de motorkap?



figuur 5 Een thermometer zonder schaalverdeling.



figuur 6 De temperatuurschaal van een auto.

7 Tegenwoordig wordt de temperatuur steeds vaker met digitale thermometers gemeten.

a Wat is de functie van de sensor in deze thermometers?

b Noteer twee voordelen van een thermometer met een sensor ten opzichte van een vloeistofthermometer.

c Noteer een nadeel van een thermometer met een sensor ten opzichte van een vloeistofthermometer.

8 Jessica heeft onderzocht wat er gebeurt als je een pakje chocolademelk opwarmt in een bekerglas met heet water. Daarbij heeft ze twee sensoren gebruikt: de ene sensor in de chocolademelk, de andere sensor in het water. Ze heeft het pakje chocolademelk in het hete water gezet en meteen daarna de meting gestart. Jessica heeft de sensoren aangesloten op een datalogger, een kleine meetcomputer die regelmatig de gemeten temperatuur opslaat. In figuur 7 zie je hoe de datalogger het temperatuurverloop vanaf dat moment weergeeft.

a Waarom is het bij deze proef handig om de temperatuur automatisch te meten met een datalogger?

b Hoelang heeft de proef geduurd (vanaf het begin van de metingen)?

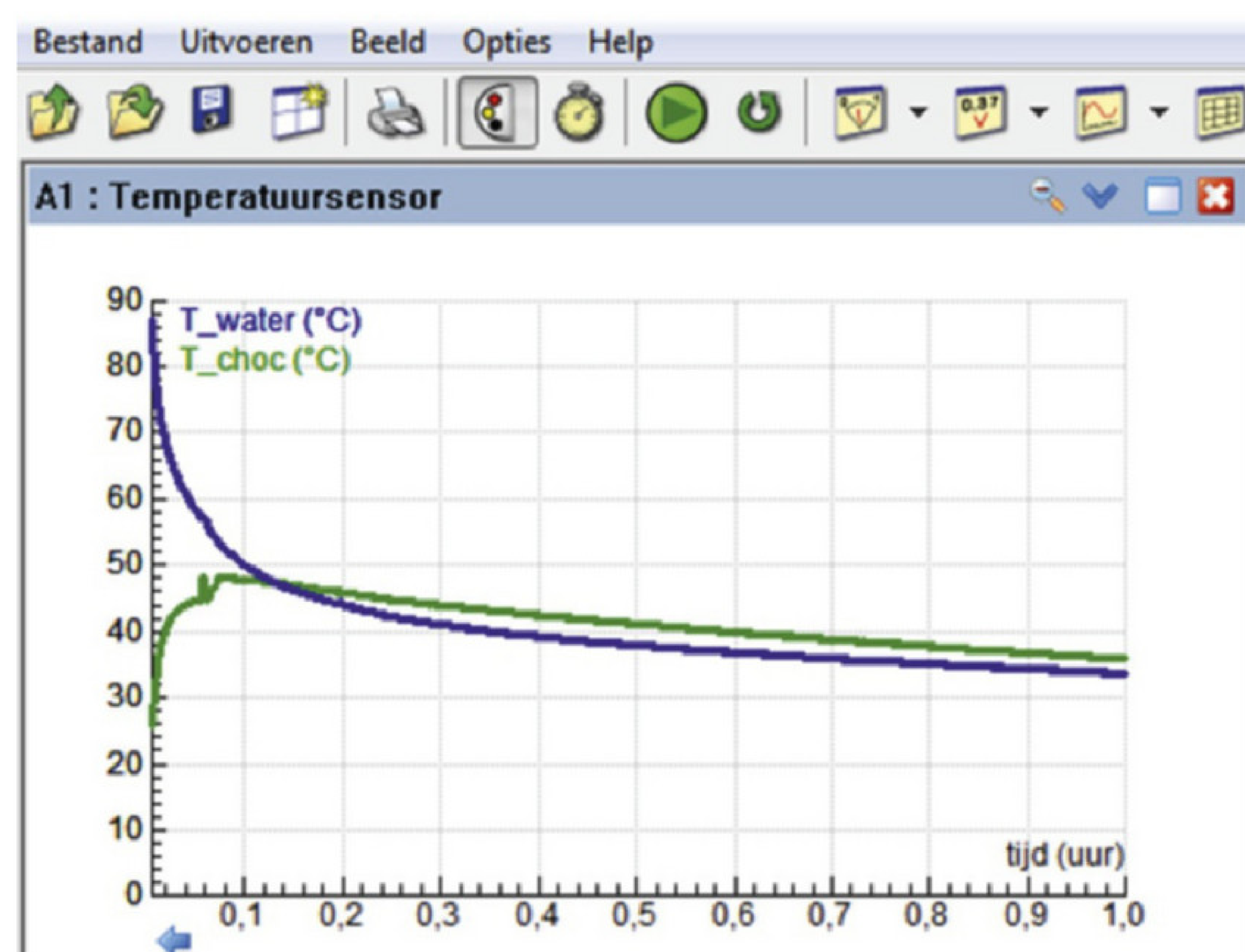
c Welke temperatuur had het water toen de proef begon?

d Welke temperatuur had de chocolademelk toen de proef begon?

e Welke temperatuur bereikte de chocolademelk op zijn hoogst?

f Na hoeveel minuten werd die hoogste temperatuur bereikt?

g Wat valt je op aan het temperatuurverloop na circa acht minuten? Probeer hiervoor een verklaring te geven (zelf bedenken).



figuur 7 Jessica's meetresultaten.

9 De lichaamstemperatuur van een gezond mens is 37 °C.

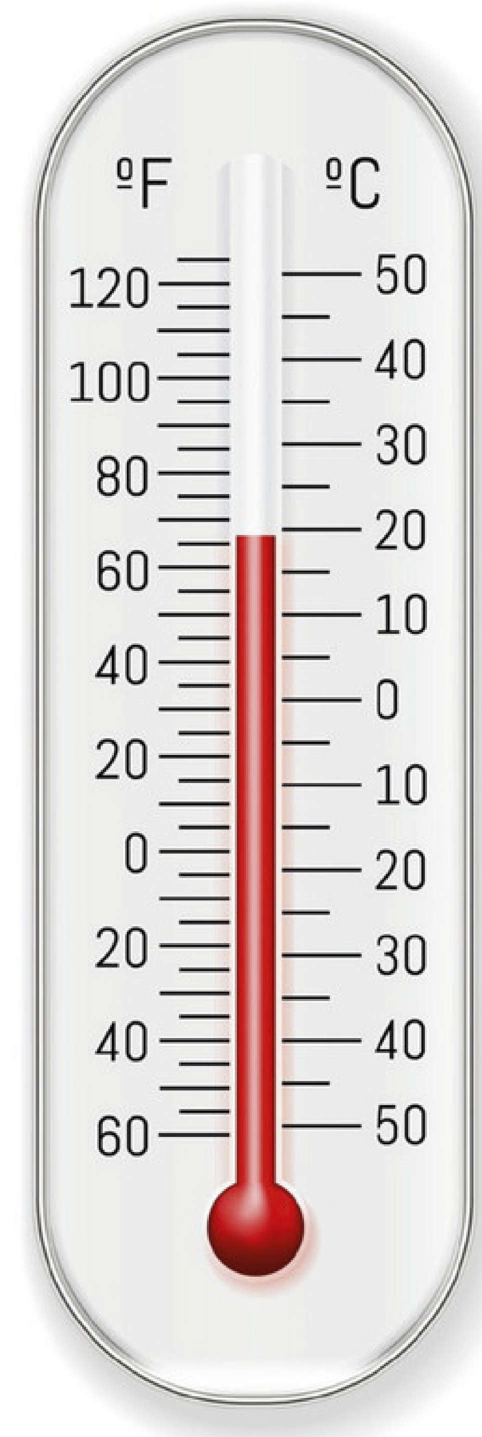
a Bekijk figuur 8 en bepaal hoeveel °F dat is.

b In Death Valley in de Verenigde staten kan het in de zomer wel 122 °F worden.
Hoeveel °C is dat?

c Met de volgende formule kun je de temperatuur van °F omrekenen naar °C.

$$T_{°C} = \frac{T_{°F} - 32}{1{,}8}$$

met daarin:
$T_{°C}$ de temperatuur in °C;
$T_{°F}$ de temperatuur in °F.
Controleer met deze formule je antwoord bij opdracht 9b.



figuur 8 Een thermometer met twee schaalverdelingen.

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

EXTRA TEMPERATUUR METEN OP VLIEGVELDEN

10 Beantwoord de volgende vragen.

a Wanneer gebruik je een warmtestralingsthermometer?

b Een oorthermometer is veel nauwkeuriger dan een warmtestralingsthermometer.
Waarom wordt op een vliegveld de temperatuur van de reizigers niet gemeten met een oorthermometer?

c Waarom wordt een warmtestralingsthermometer op het hoofd van reizigers gericht?

d Sommige reizigers moeten, nadat hun temperatuur met een warmtestralingsthermometer is bepaald, een tweede meting met een oorthermometer ondergaan.
Waarom wordt dat gedaan?

11 In figuur 9 zie je een thermogram van het hoofd van een passagier.

a Welk lichaamsdeel heeft de laagste temperatuur?

b Waarom is de temperatuur van dat lichaamsdeel het laagst?

c Onder andere het voorhoofd heeft een hoge temperatuur.
Hoe zou dat komen?



figuur 9 Thermogram van een reiziger.

12 Militairen gebruiken ook infraroodcamera's, maar ze noemen die meestal nachtzichtkijkers.

a Voor welk doel gebruiken militairen nachtzichtkijkers?

b Leg uit wat nachtzichtkijkers met ir-straling te maken hebben.

c Zou je met nachtzichtkijkers ook bomen kunnen zien?

3 Veranderen van fase

LEERDOELEN

3.3.1 Je kunt de zes fase-overgangen van stoffen benoemen.

3.3.2 Je kunt beschrijven hoe de fase-overgangen van water een belangrijke rol spelen bij allerlei weersverschijnselen.

3.3.3 Je kunt fase en fase-overgang van een stof beschrijven met het deeltjesmodel.

3.3.4 Je kunt met het deeltjesmodel verklaren hoe het komt dat de temperatuur een belangrijke rol speelt bij smelten en verdampen.

3.3.5 Je kunt beschrijven dat water krimpt bij afkoelen tot 4 °C en vervolgens weer uitzet bij verder afkoelen tussen 4 °C tot 0 °C.

EXTRA 3.3.6 Je kunt uitleggen door welke oorzaken de zeespiegel wel stijgt en door welke oorzaak die niet stijgt als de gemiddelde temperatuur op aarde stijgt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.3.5	3.3.6
Onthouden		1bcd				11abc
Begrijpen	3abcdef, 5a	1a, 6ab	2, 9a	10a		13ab
Toepassen	4, 5b	6cd		10bc	7b, 8a	12abc
Analyseren			9b		7a, 8b	12def

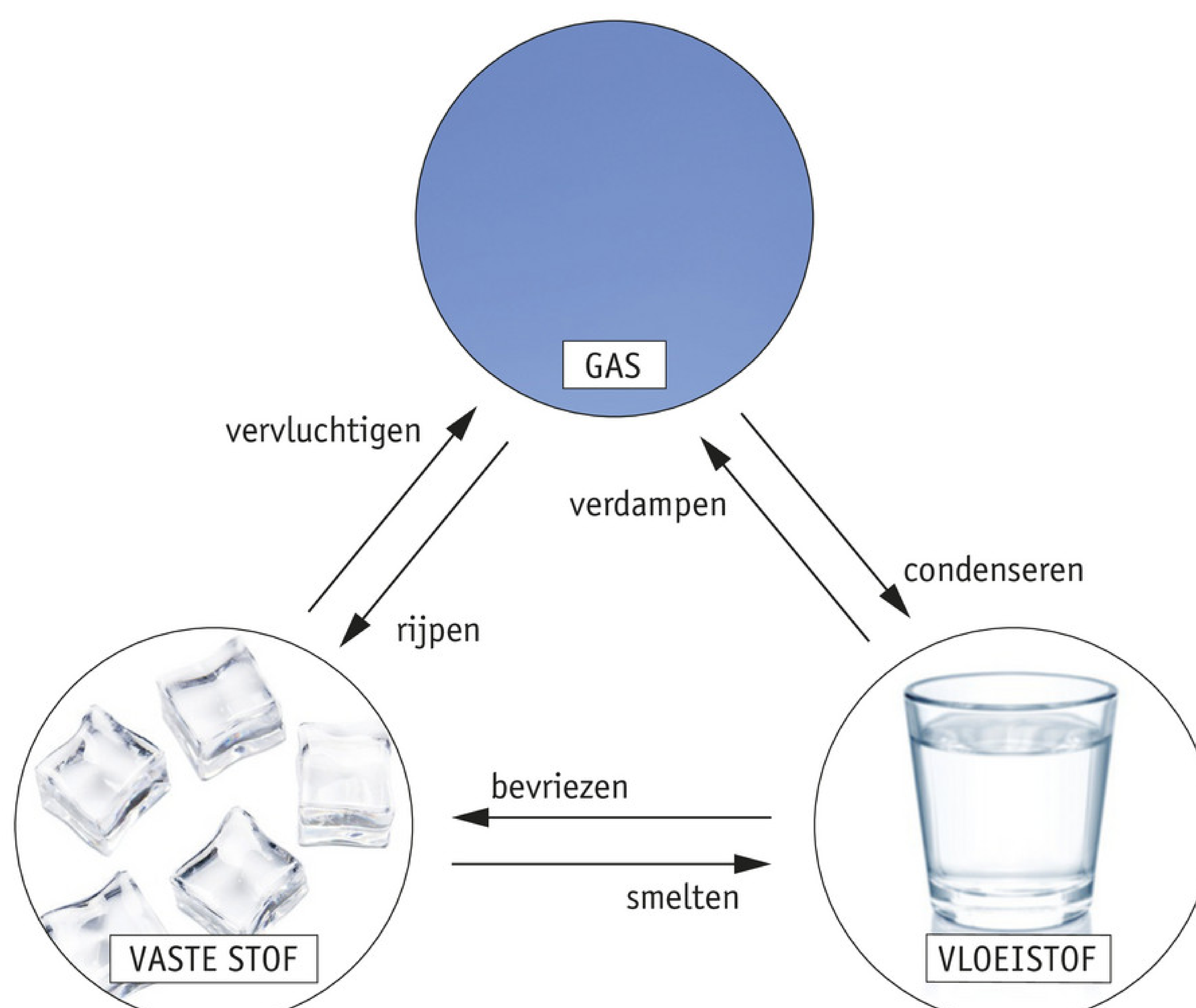
’s Winters zijn bomen en struiken na een koude nacht soms opeens bedekt met een dikke laag rijp. Als de dooi invalt, wordt het ijs waar je gisteren nog op schaatste, snel onbetrouwbaar. In al deze situaties heb je te maken met water dat van fase verandert.

FASE-OVERGANGEN

Als water smelt of bevriest, noem je dat een **fase-overgang**: de stof gaat over van de ene fase in de andere. Er zijn zes fase-overgangen (figuur 1):

- **stollen**/**bevriezen**: van vloeibaar naar vast;
- **smelten**: van vast naar vloeibaar;
- **verdampen**: van vloeibaar naar gasvormig;
- **condenseren**: van gasvormig naar vloeibaar;
- **rijpen**: van gasvormig naar vast;
- **vervluchtigen**: van vast naar gasvormig.

De overgang van vloeibaar naar vast heet stollen. Alleen bij water gebruik je het woord bevriezen.



figuur 1 Schema van de zes fase-overgangen.

FASE-OVERGANGEN EN HET WEER

De fase-overgangen van water spelen een belangrijke rol bij allerlei weersverschijnselen.

Bevriezen

Als het vriest, verschijnt er een laag ijs op sloten en plassen. Het bovenste laagje water bevriest: van vloeibaar wordt het vast. Als het blijft vriezen, groeit het ijslaagje van onderaf steeds verder aan.

Smelten

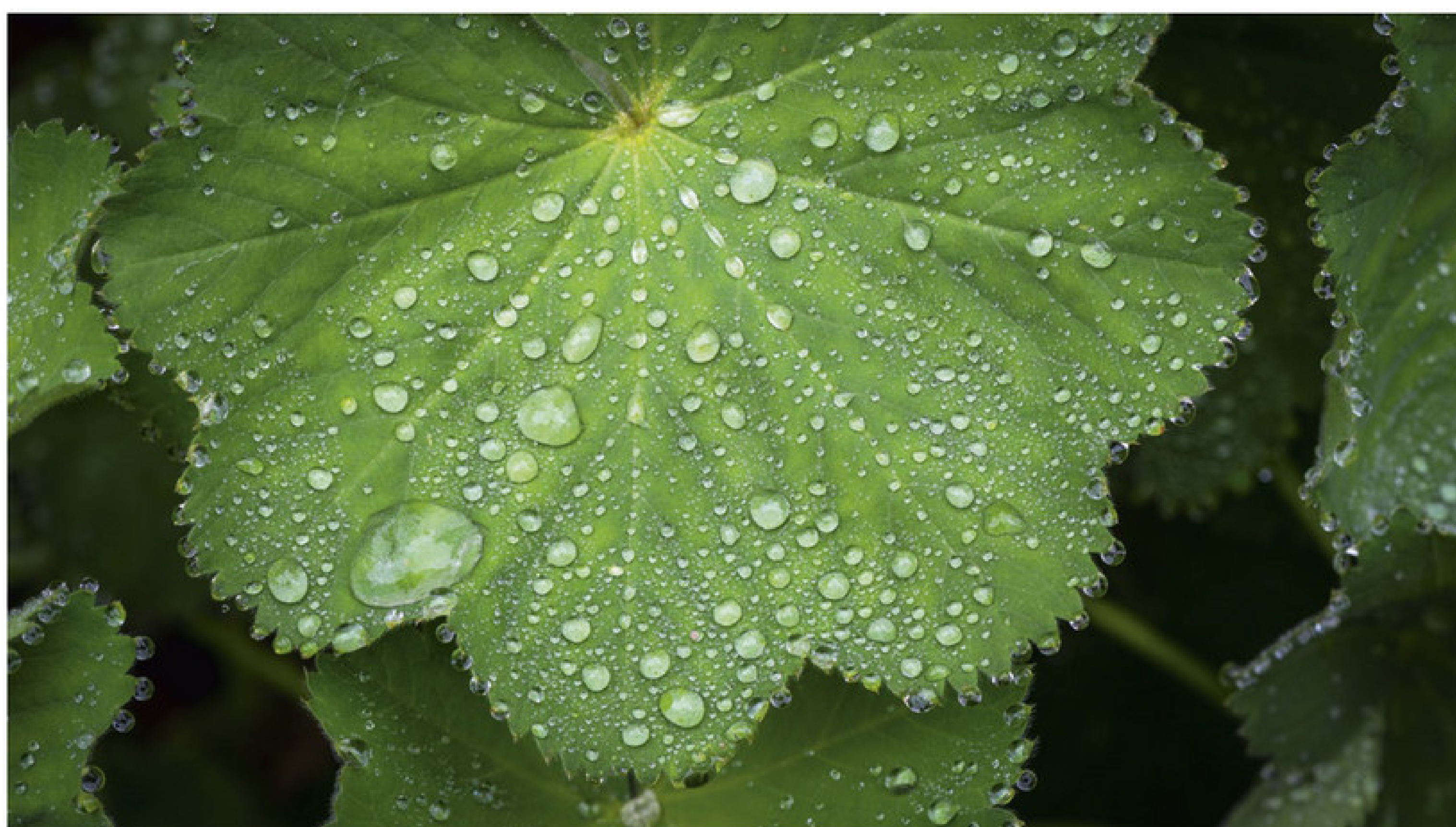
Als het gaat dooien, smelt de ijslaag snel weg. Boomtakken die pas nog wit waren van de rijp, worden nu weer kaal, terwijl de waterdruppels naar beneden vallen. Vast ijs wordt vloeibaar water.

Verdampen

Als na een regenbui de zon schijnt, zijn de straten snel weer droog. Plassen water worden steeds kleiner en verdwijnen ten slotte helemaal. Dat komt doordat het regenwater bij warm weer snel verdampt: zichtbaar water wordt onzichtbare waterdamp. Het water verdampt ook als de zon niet schijnt, maar dan veel langzamer.

Condenseren

Koude lucht kan minder waterdamp bevatten dan warme lucht. Als warme lucht ’s nachts afkoelt, condenseert de waterdamp die erin zit tot kleine waterdruppels (figuur 2). Zo wordt onzichtbare waterdamp zichtbaar water.



figuur 2 Dauw bestaat uit kleine waterdruppels.

Rijpen

Als de temperatuur ’s nachts daalt tot onder 0 °C, ontstaat er geen dauw, maar rijp. De waterdamp in de lucht gaat over in kleine ijskristallen die boomtakken en grassprieten een wit uiterlijk geven.

Vervluchtigen

Als de lucht erg koud en droog is, wordt een laag sneeuw geleidelijk dunner. Dat komt doordat ijs dan zonder eerst te smelten langzaam verandert in waterdamp.

FASE-OVERGANGEN EN HET DEELTJESMODEL

PROEF 2

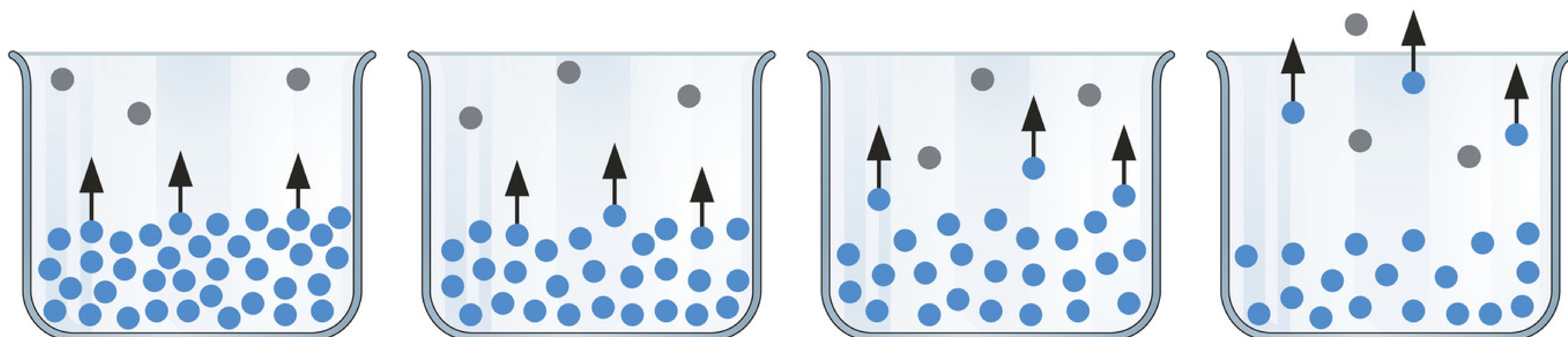
Met het deeltjesmodel kun je verklaren wat er bij een fase-overgang gebeurt. Niet alle moleculen hebben in een bepaalde fase dezelfde snelheid, maar je kunt wel een gemiddelde snelheid bepalen. Als de temperatuur stijgt, neemt die gemiddelde snelheid toe.

Smelten volgens het deeltjesmodel
In een vaste stof zijn de moleculen dicht op elkaar gestapeld in een regelmatig patroon. Tussen moleculen die aan elkaar grenzen, bestaan aantrekkende krachten. Die zorgen ervoor dat elk molecuul op zijn vaste plaats blijft. Hoe kleiner de afstand tussen twee aangrenzende moleculen, des te groter is de onderlinge aantrekkingskracht.

Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen steeds heviger trillen. De afstand tussen de moleculen wordt dan groter. Je merkt dat doordat de stof uitzet. Door de grotere afstand trekken de moleculen elkaar minder sterk aan. Als de temperatuur is gestegen tot een bepaalde waarde, is de aantrekkingskracht te klein om de moleculen op hun vaste plaats te houden: de stof smelt en wordt vloeibaar. De moleculen bewegen nu in alle richtingen langs elkaar heen.

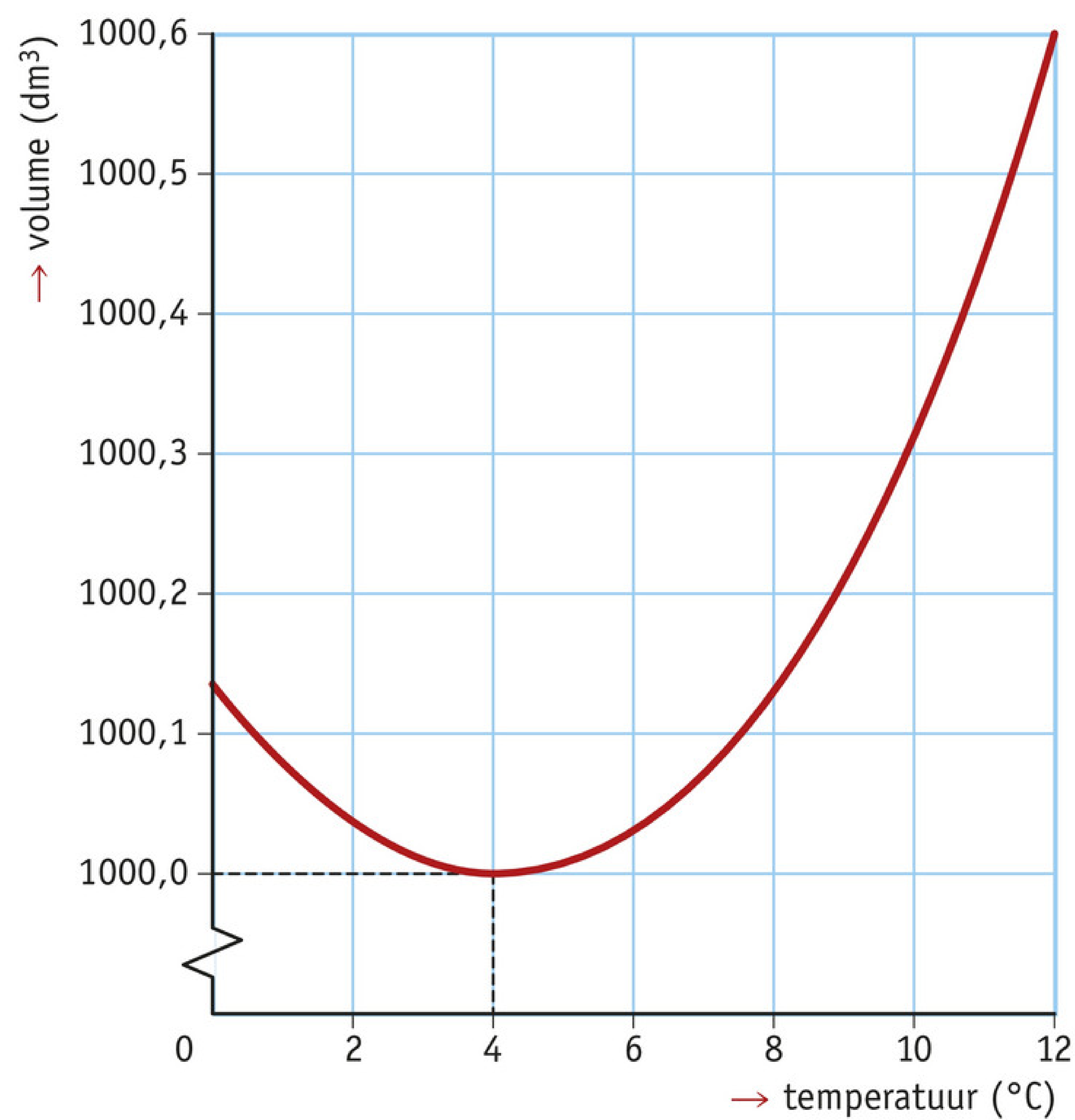
Verdampen volgens het deeltjesmodel
In een vloeistof zijn de moleculen steeds in beweging. Hun onderlinge aantrekkingskracht zorgt ervoor dat ze dicht bij elkaar in de buurt blijven. Aan het vloeistofoppervlak kan een molecuul snel genoeg zijn om uit de vloeistof te ontsnappen, ondanks de aantrekkende krachten van de andere moleculen (figuur 3). Zo'n ontsnapt molecuul gaat dan deel uitmaken van de damp boven de vloeistof. Zo raakt de vloeistof steeds meer moleculen kwijt: de vloeistof verdampt.

Hoe hoger de temperatuur, des te groter is de gemiddelde snelheid van de moleculen en des te gemakkelijker kunnen ze uit de vloeistof ontsnappen. Vloeistoffen verdampen daardoor sneller bij hogere temperaturen.



figuur 3 Verdampen is het ontsnappen van moleculen uit een vloeistof.

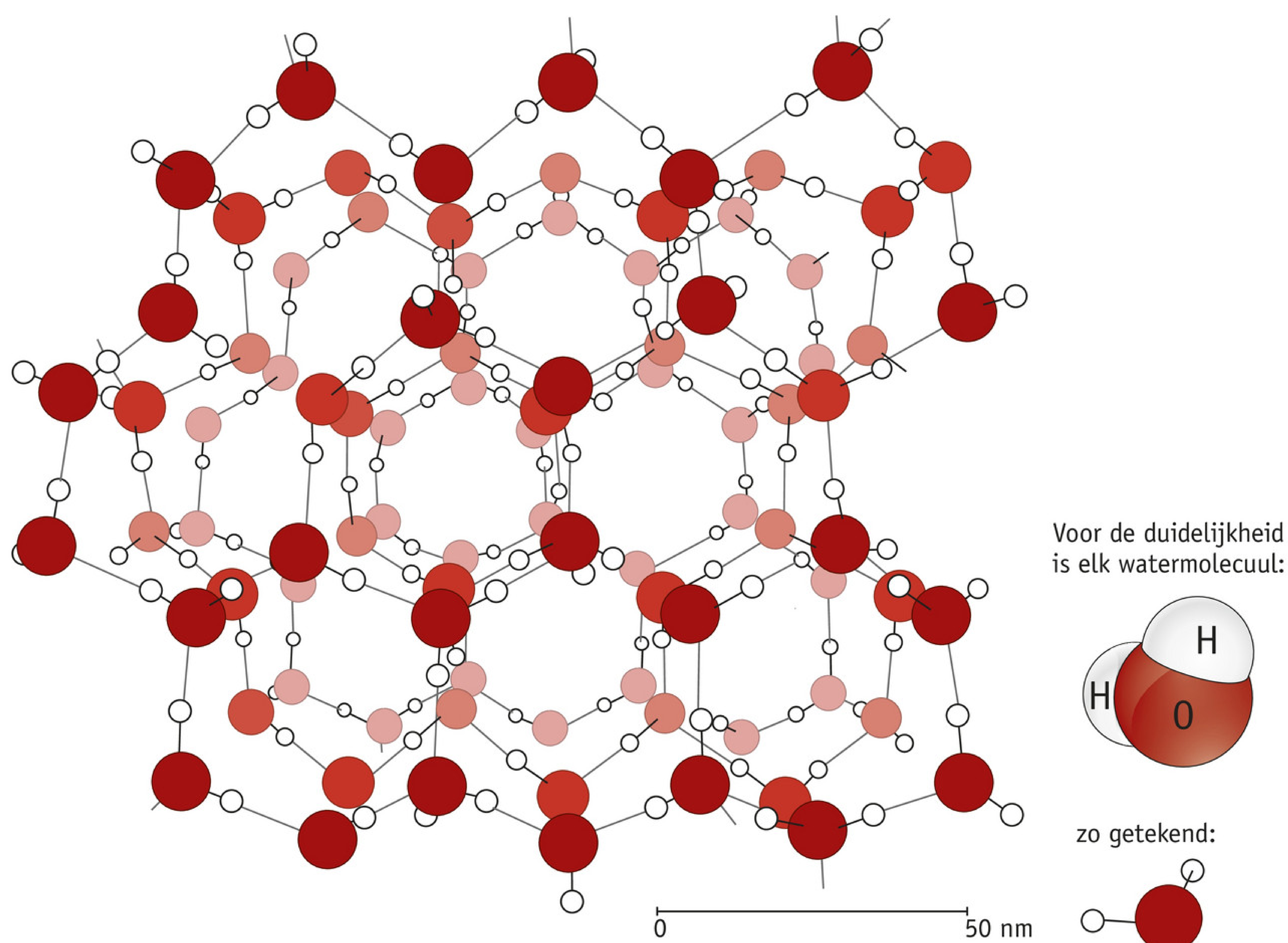
WATER: EEN UITZONDERING
Bijna alle vloeistoffen krimpen als de temperatuur daalt. Doordat de moleculen minder snel bewegen, botsen ze minder hevig en duwen ze elkaar minder ver opzij. De stof krimpt. Er is een belangrijke uitzondering: water tussen 4 °C en 0 °C. Als water afkoelt, krimpt het net als andere vloeistoffen tot de temperatuur 4 °C is. Maar als water nog verder afkoelt, van 4 °C naar 0 °C, zet het juist weer uit (figuur 4).



figuur 4 Het krimpen en uitzetten van 1 kg water.

Als het water daarna bevriest, zet het nog verder uit: als 1 dm^3 water van 0 °C bevriest, ontstaat er ongeveer 1,1 dm^3 ijs. Het volume neemt tijdens het bevriezen dus toe met ongeveer 10%.

Dat water uitzet bij bevriezing heeft te maken met de bijzondere kristalstructuur van ijs. De moleculen vormen de al genoemde zeshoeken met daarbinnen veel lege ruimte (figuur 5). Daardoor is de gemiddelde afstand tussen de moleculen in ijs groter dan in water. Het vormen van zeshoeken begint al wanneer de temperatuur daalt onder 4 °C (al ontstaat er dan nog geen permanent kristalrooster). Daardoor bereikt water zijn grootste dichtheid bij 4 °C.



figuur 5 IJs heeft een bijzondere kristalstructuur, met veel lege ruimte tussen de moleculen.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA STIJGING VAN DE ZEESPIEGEL

Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur op de aarde. Wetenschappers verwachten dat de zeespiegel daardoor tot het jaar 2100 met 1,5 m stijgt. De precieze stijging hangt af van de temperatuurstijging deze eeuw. Het KNMI verwacht dat de temperatuurstijging de komende honderd jaar tussen 2,6 °C en 4,8 °C zal zijn. Door de stijgende zeespiegel komen verschillende landen die aan de zee grenzen in de problemen (figuur 6). Maar waarom stijgt de zeespiegel?



figuur 6 Een deel van Europa loopt onder water bij zeespiegelstijging.

Het ijs op Antarctica is grotendeels landijs: een ijslaag die op het vaste land ligt. Als de temperatuur stijgt, zal dat ijs voor een flink deel smelten. Dat water stroomt voor het grootste deel in zee, waardoor de zeespiegel stijgt. Het ijs in het Noordpoolgebied ligt niet op land, maar drijft op het water. Als dat ijs door de hogere temperatuur smelt, stijgt de zeespiegel niet, al zou je dat wel verwachten. Dat komt doordat het ijs voor 90% onder water zit. Er zit dus maar 10% van het ijs boven water (figuur 7). Als het ijs smelt, krimpt het zo'n 10%. Daardoor neemt al het ontstane water evenveel ruimte in als het ijs dat oorspronkelijk onder water zat. De zeespiegel stijgt dan dus niet.



figuur 7 Een ijsberg zit voor 90% onder water.

Behalve het smelten van landijs is er nog een belangrijkere reden waardoor de gemiddelde temperatuurstijging op aarde zorgt voor een hogere zeespiegel. Door de temperatuurstijging zet het water in de oceanen namelijk uit. Het water heeft meer ruimte nodig, waardoor de zeespiegel stijgt.

1 Welke fase-overgang is er de oorzaak van dat:

a het gras ’s ochtends vroeg nat is van de dauw?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

b een straat na een regenbui snel weer opdroogt?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

c de takken van bomen en struiken zijn bedekt met een witte laag, terwijl het niet gesneeuwd heeft?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

d een sneeuwlaag bij strenge vorst steeds dunner wordt?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

2 Als je een ijsblokje in je hand houdt, smelt het ijs.
Beschrijf wat er dan met de moleculen gebeurt.

3 Met welke fase-overgang heb je te maken als:

a je kleren na een regenbui in de wind opdrogen?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

b de ruiten van een auto op een koude dag beslaan?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

c je ijsblokjes maakt in het vriesvak van de koelkast?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

d je een zak met ijsblokjes laat ontdooien?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

e een glas ijskoud water aan de buitenkant beslaat?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

f er op diepgevroren producten ijskristallen ontstaan?
bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / stollen / verdampen / vervluchtigen

4 Ook bij vorst kun je nat wasgoed gewoon aan de lijn hangen. Het is dan al gauw stijf bevroren. Toch kun je het wasgoed een dag later bijna droog binnenhalen.
Hoe kan het dat het wasgoed na 24 uur in de vrieskou bijna droog is?

5 Op koude dagen zie je een ‘wolkje’ voor je mond bij het uitademen.

a Hoe heet de fase-overgang waarbij dat ‘wolkje’ ontstaat?

b Waarom zie je geen ‘wolkjes’ op een zomerse dag?

6 Mist ontstaat vaak in de nacht en verdwijnt in de ochtend.

a Om welke fase-overgang gaat het bij het ontstaan van mist?

b Om welke fase-overgang gaat het bij het verdwijnen van mist?

c Waarom ontstaat mist vooral in de nacht?

d Waarom verdwijnt mist vaak in de ochtend?

7 Het diagram in figuur 4 gaat over de dichtheid van water.

a Welke vloeistof heeft een grotere dichtheid: water van 0 °C of water van 2 °C? Leg uit hoe je dat kunt concluderen uit de grafiek.

b Er is nog een temperatuur waarbij water een even grote dichtheid heeft als bij 0 °C. Bij welke temperatuur is dat het geval?

8 Als ’s winters de waterleiding bevriest, kan er een scheurtje in de leiding ontstaan.

a Leg uit waardoor dat komt.

b Leg uit waarom je meestal pas merkt dat de leiding kapot is als het gaat dooien.

★ 9 Als water verdampt, wordt het volume ongeveer 1000 keer zo groot.

a Verklaar met het deeltjesmodel hoe het komt dat het volume veel groter wordt.

b Hoeveel keer verder liggen de moleculen uit elkaar bij waterdamp dan bij water? Let op: het antwoord is niet 1000.

★ 10 Als je een beetje ether (een vloeistof) op een glasplaatje doet, verdampt het snel. Alleen de heel snelle ethermoleculen kunnen uit de vloeistof ontsnappen.

a Hoe komt het dat langzamere moleculen niet uit de vloeistof weg kunnen komen?

b Wat gebeurt er met de gemiddelde snelheid van de moleculen die in de ether achterblijven?
De gemiddelde snelheid *wordt steeds kleiner* / *blijft gelijk* / *wordt steeds groter*.

c Hoe verandert daardoor de temperatuur van de achterblijvende ether?
De temperatuur *daalt* / *blijft gelijk* / *stijgt*.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA STIJGING VAN DE ZEESPIEGEL

11 Beantwoord de volgende vragen.

a Waarom leidt smeltend ijs op de Zuidpool tot een stijging van de zeespiegel?

b Waarom leidt smeltend ijs op de Noordpool niet tot een stijging van de zeespiegel?

c Wat is de belangrijkste reden voor het stijgen van de zeespiegel als de temperatuur stijgt?

★ 12 1 m^3 water zet bij een temperatuurstijging van 1 °C ongeveer 0,00021 m^3 uit. De Noordzee is gemiddeld 94 m diep.

a Bereken hoeveel m^3 water zich gemiddeld onder 1 m^2 Noordzee-oppervlakte bevindt.

b De temperatuurstijging in de komende 100 jaar wordt geschat tussen de 2,6 °C en 4,8 °C. Ga uit van het gemiddelde hiervan: 3,7 °C temperatuurstijging.
Bereken hoeveel de bij opdracht 12a berekende hoeveelheid water uitzet (de volumetoename) als de temperatuur 3,7 °C stijgt.

c Bereken hoeveel cm de zeespiegel hierdoor zou stijgen.

d De grootste diepte in de Grote Oceaan is ongeveer 11 km.
Bereken hoeveel meter de zeespiegel hier stijgt als de temperatuur 3,7 °C zou stijgen.

e Leg uit waarom de zeespiegelstijging als gevolg van uitzetting in de hele Grote Oceaan kleiner zal zijn dan de bij opdracht 12d berekende waarde.

f Leg uit waarom de zeespiegelstijging als gevolg van uitzetting in de Noordzee in werkelijkheid groter zal zijn dan de bij opdracht 12c berekende waarde.

13 Een limonadeglas is tot de rand gevuld met water en er drijft een ijsklontje in (figuur 8). Na een paar minuten is het ijsklontje gesmolten.

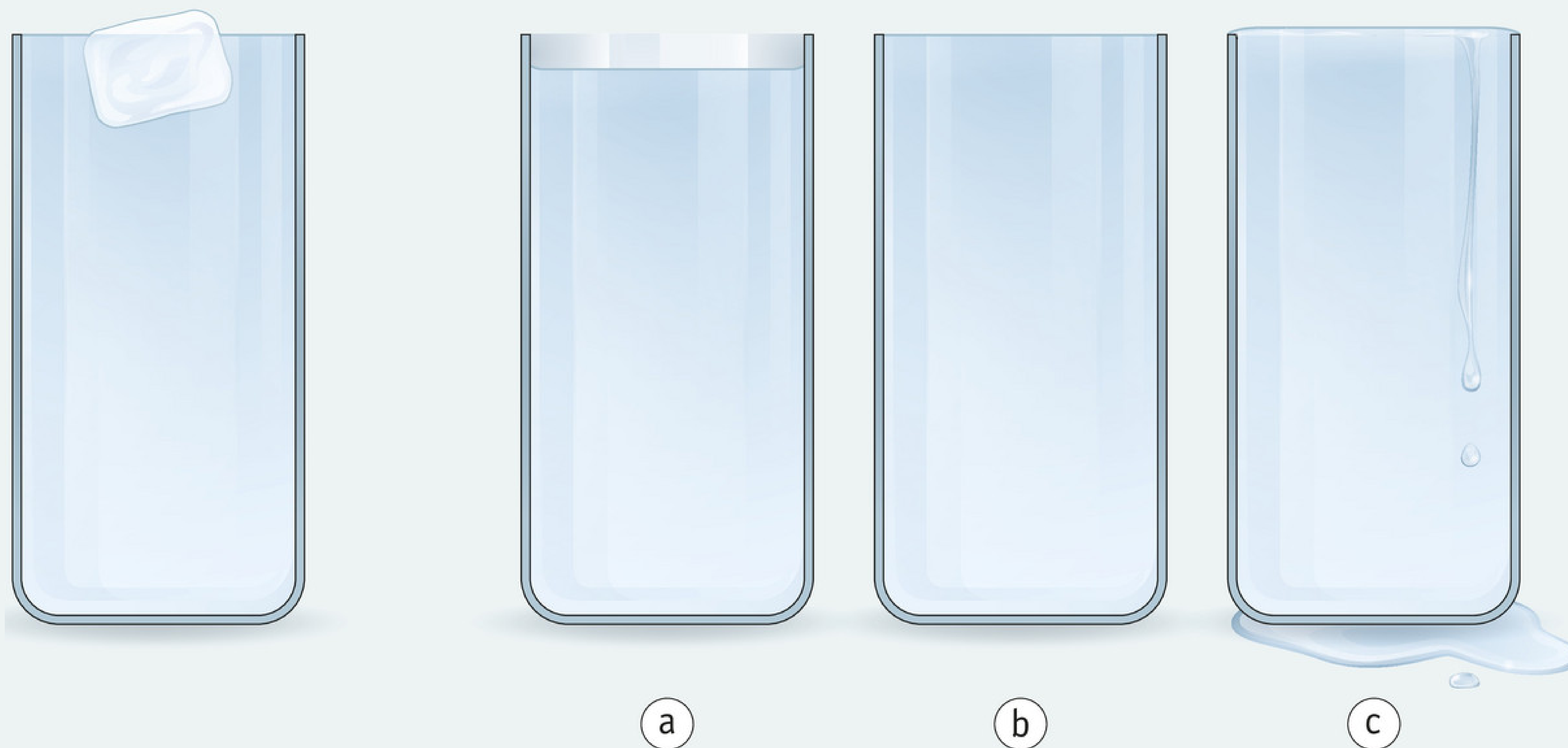
a Hoe ziet het limonadeglas er nu uit?

○ A Zoals in figuur 8a: het waterniveau in het glas is iets gezakt.

○ B Zoals in figuur 8b: het waterniveau in het glas is niet veranderd. Het water staat nog steeds tot aan de rand.

○ C Zoals in figuur 8c: er is water uit het glas gelopen en het glas zit nog steeds vol tot aan de rand.

b Leg je keuze bij opdracht 13a uit.



figuur 8 Een glas water met een ijsklontje.

4 Kookpunt en smeltpunt

LEERDOELEN

3.4.1 Je kunt beschrijven wat er gebeurt als water kookt.
3.4.2 Je kunt beschrijven wat het kookpunt en smeltpunt (vriespunt/stolpunt) van een stof zijn.
3.4.3 Je kunt uitleggen waarom het kookpunt en smeltpunt stofeigenschappen zijn.
3.4.4 Je kunt uitleggen hoe je het vriespunt of smeltpunt van water kunt verlagen.
3.4.5 Je kunt in een temperatuur-tijddiagram smelt-, stol- en kookgrafieken van een stof interpreteren.
3.4.6 Je kunt het verschil tussen een kookpunt en een kooktraject uitleggen aan de hand van een kookgrafiek.
EXTRA 3.4.7 Je kunt beschrijven hoe je stoffen kunt scheiden door middel van destillatie.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	3.4.1	3.4.2	3.4.3	3.4.4	3.4.5	3.4.6	3.4.7	3.1.1*
Onthouden	2abc	1abc, 3a					12	
Begrijpen		5a, 10b	5b	8b	4bc, 7abcdef	9bcdef, 11abcd	13a	
Toepassen	10a	3bc, 5c		6, 8a	4a	9a	13b	
Analyseren						11e	14	10cd

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Van het water dat bij een regenbui naar beneden valt, is al gauw niets meer te zien. Een deel wordt afgevoerd via het riool, een deel zakt weg in de bodem en een deel verdampt. Dat verdampen gaat heel onopvallend. Je ziet helemaal niets, behalve dat de hoeveelheid water langzaam afneemt. Maar water kan ook op een opvallender manier verdampen.

KOOKPUNT

PROEF 3+4

Als je een bekerglas met water verwarmt boven een brander, ontstaan er na een poosje kleine luchtbelletjes. Dat is de lucht die opgelost zit in het water. Een paar minuten later verschijnen er waterdampbellen in het water. De temperatuur is dan bijna 100 °C. Deze bellen ontstaan op de bodem, stijgen op, koelen af en worden in elkaar gedrukt voordat ze het wateroppervlak bereiken. Het geluid dat je daarbij hoort wordt het 'zingen' van het water genoemd.



figuur 1 Als water kookt, zie je overal in de vloeistof dampbellen ontstaan.

Als de temperatuur overal in de vloeistof 100 °C is, bereiken de dampbellen wel het wateroppervlak. Ze barsten daar uit elkaar, zodat de waterdamp mengt met de lucht erboven. Dat is **koken**: het water verdampt nu niet alleen aan het wateroppervlak, maar overal in de vloeistof (figuur 1).
Als je doorgaat met verwarmen, blijft het water koken tot het helemaal verdampt is. De temperatuur van het water blijft daarbij steeds 100 °C. Deze temperatuur noem je het **kookpunt** van water. Bijna elke zuivere stof heeft een eigen, kenmerkend kookpunt. Het kookpunt is een belangrijke stofeigenschap.

SMELTPUNT EN VRIESPUNT

In de winter moet de temperatuur van het water eerst dalen tot 0 °C voordat het kan bevriezen. De temperatuur van het water blijft 0 °C totdat het volledig is bevroren.
Als het flink vriest, is de temperatuur van het ijs ook lager dan 0 °C. Dan moet de temperatuur van het ijs stijgen tot 0 °C, voordat het zal smelten (figuur 2).



figuur 2 Een ijsblokje 1 minuut, 5 minuten en 15 minuten nadat het uit het vriesvak is gehaald.

Smeltend ijs heeft dus dezelfde temperatuur als bevriezend water: 0 °C. Je noemt deze temperatuur het **smeltpunt** van ijs en het **vriespunt** van water. Bijna elke zuivere stof heeft een eigen kenmerkend smeltpunt en stolpunt. Bij water heet het stolpunt vriespunt. In tabel 1 zie je de smelt- en kookpunten van een aantal stoffen.

tabel 1 Smelt- en kookpunt van enkele stoffen.

stof	smeltpunt (°C)	kookpunt (°C)
aceton	–95	56
alcohol	–114	78
aluminium	660	2467
butaan	–138	–0,5
glycerol	20	290
goud	1064	2860
ijzer	1559	2800
lood	328	1740
propaan	–188	–42
stikstof	–210	–196
water	0	100
zuurstof	–219	–183

HET VRIESPUNT OF SMELTPUNT VERLAGEN

PROEF 5

Je kunt het vriespunt van water verlagen door een geschikte stof aan het water toe te voegen. Dat gebeurt bijvoorbeeld met het koelwater in een automotor. Daaraan wordt antivries toegevoegd om te voorkomen dat het koelwater ’s winters bevriest. Hoe meer antivries je toevoegt, des te lager wordt het vriespunt van het mengsel.

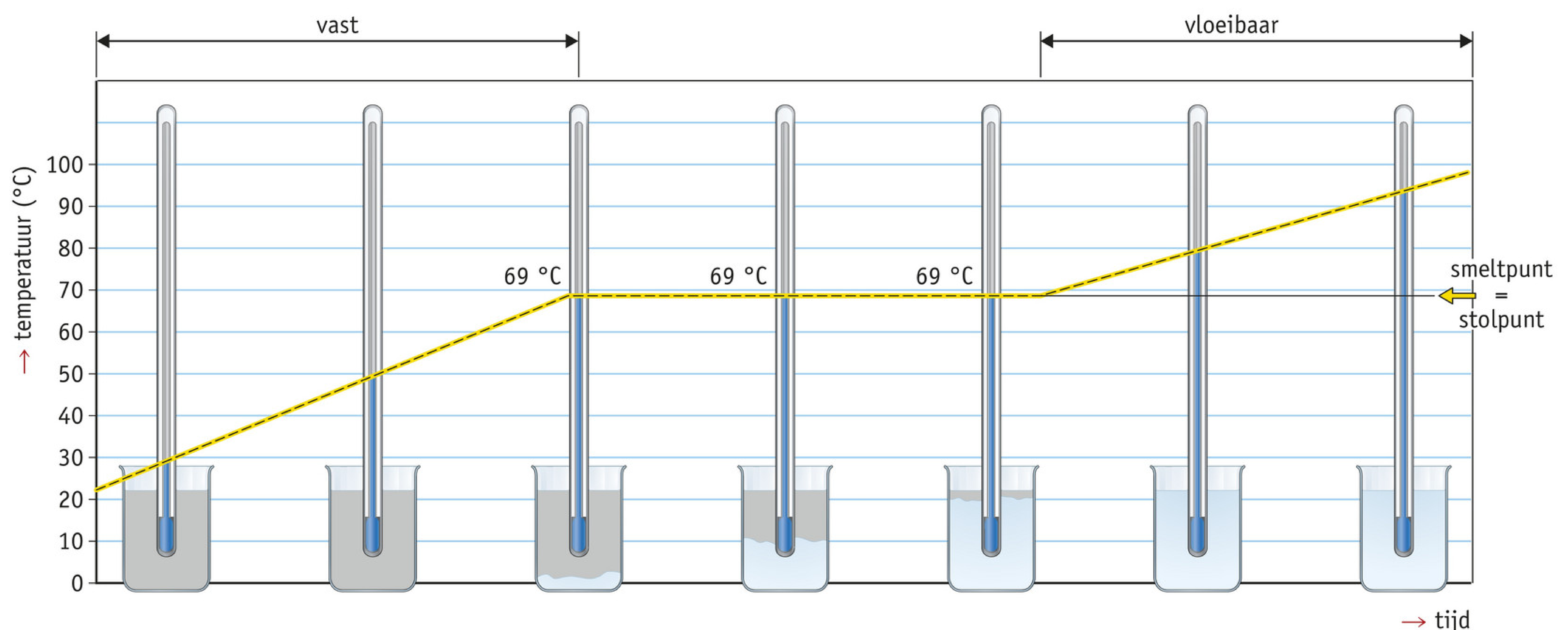
Zout heeft hetzelfde effect op het vriespunt als antivries. Het wordt ’s winters gebruikt om wegen te ontdoen van sneeuw en ijs (figuur 3). Een mengsel van ijs en zout heeft een lager smeltpunt dan zuiver ijs. Door zout te strooien, kun je sneeuw of ijzel laten smelten bij temperaturen onder 0 °C. In de praktijk is strooizout effectief bij temperaturen tot –8 °C.



figuur 3 Strooizout zorgt ervoor dat de sneeuw op het wegdek smelt.

SMELT- EN STOLDIAGRAMMEN

In figuur 4 is getekend hoe je het smeltpunt van een vaste stof bepaalt. Je verwarmt de stof voorzichtig en ondertussen meet je de temperatuur met regelmatige tussenpozen. In figuur 4 is dat gedaan met stearinezuur. Dat is een stof die onder andere gebruikt wordt om kaarsen van te maken.



figuur 4 Het smeltdiagram van stearinezuur.

Als je vast stearinezuur verwarmt, stijgt de temperatuur eerst tot 69 °C: het smeltpunt van stearinezuur. Bij die temperatuur gaat het stearinezuur smelten. Als je doorgaat met verwarmen, blijft de temperatuur 69 °C totdat alle stearinezuur is gesmolten. Pas daarna stijgt de temperatuur weer. In figuur 4 is het temperatuurverloop weergegeven in een **smeltdiagram**: een grafiek van de temperatuur tegen de tijd.

Als je vloeibaar stearinezuur laat afkoelen, daalt de temperatuur weer tot 69 °C: het stolpunt van stearinezuur. De temperatuur blijft 69 °C totdat het stearinezuur volledig is gestold. Daarna daalt de temperatuur verder. Je kunt het temperatuurverloop weergeven in een **stoldiagram**, waarin de temperatuur is uitgezet tegen de tijd.

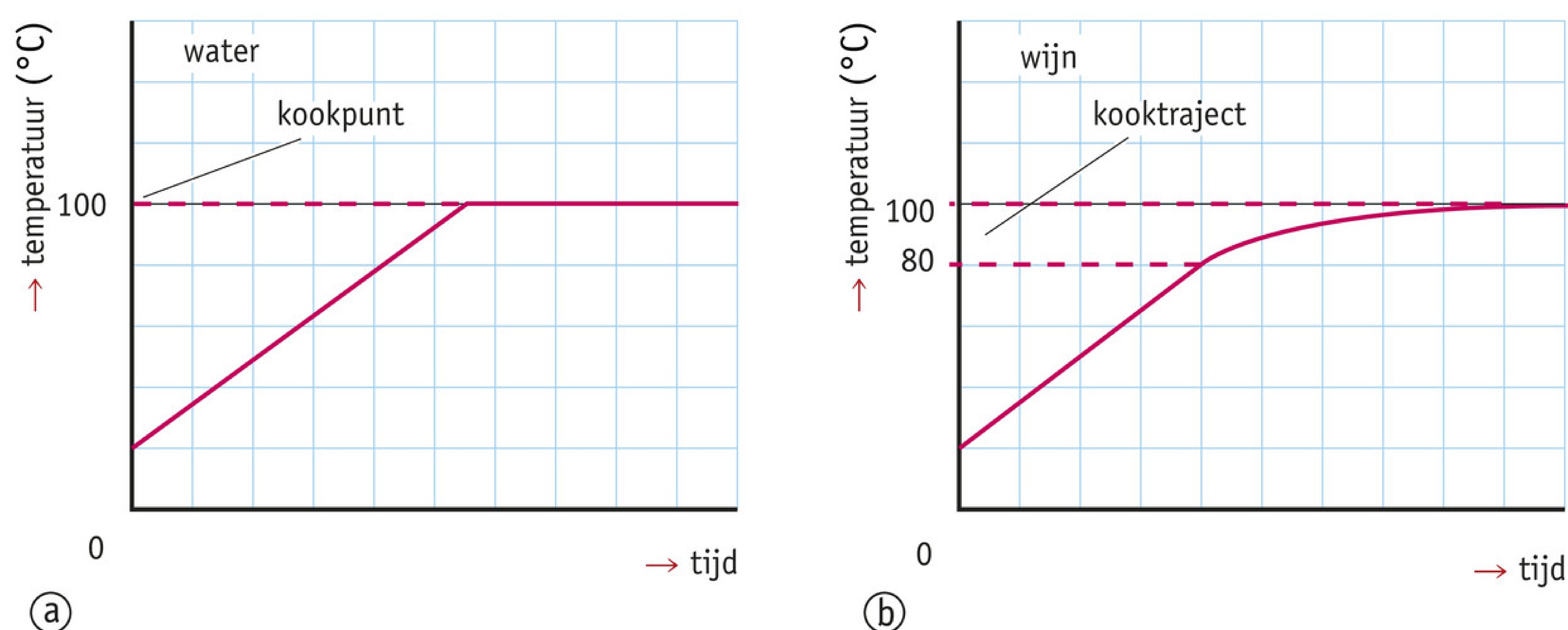
HET KOOKTRAJECT VAN EEN MENGSEL

Wijn is een mengsel van voornamelijk water en alcohol. De hoeveelheid van de overige stoffen is verwaarloosbaar. Een fles wijn bevat ongeveer 12 volumeprocent (12 vol%) alcohol. Dat betekent dat 100 mL wijn bestaat uit circa 12 mL alcohol en 88 mL water.

Als je wijn aan de kook brengt, zie je dat het koken begint bij ongeveer 80 °C. Daarna loopt de temperatuur langzaam op tot 100 °C (figuur 5b). Wijn heeft dus geen kookpunt, zoals zuiver water (100 °C) of zuivere alcohol (78 °C) (figuur 5a). Tijdens het koken blijft de temperatuur van de wijn dus niet constant.

Wat voor wijn geldt, geldt ook voor andere mengsels van vloeistoffen. Zulke mengsels hebben geen kookpunt, maar een kooktraject. Het **kooktraject** van wijn loopt van 80 tot 100 °C.

figuur 5 Water heeft een kookpunt (a), wijn een kooktraject (b).

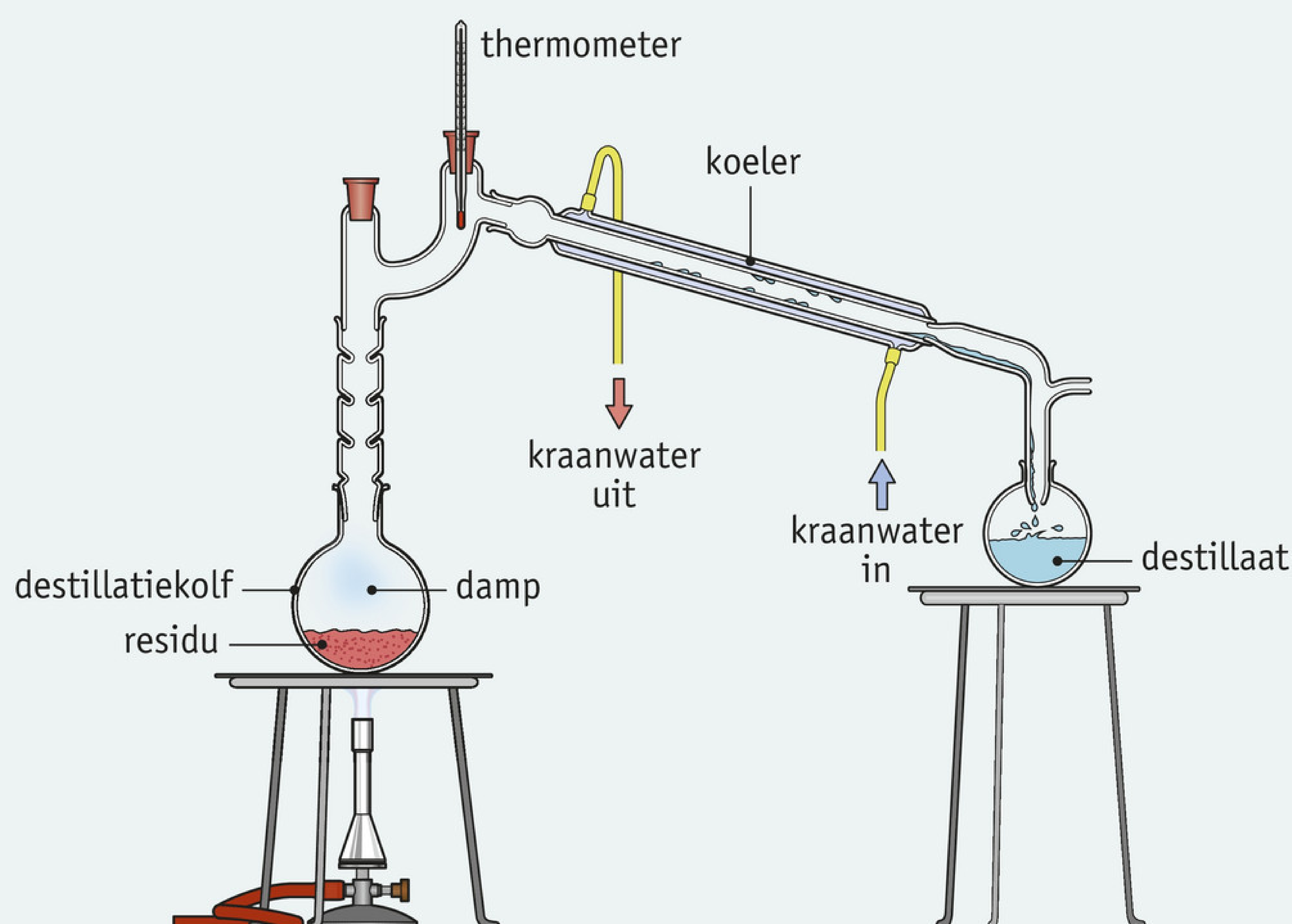


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DESTILLEREN

Wijn bestaat voor het grootste deel uit water en alcohol. Wijn heeft een kooktraject. De damp van wijn bij 80 °C zal relatief veel alcohol en weinig water bevatten. Als je die damp opvangt en laat condenseren, krijg je een vloeistof met een hoger percentage alcohol. Hiervoor gebruik je een destillatietoestel (figuur 6).

Het destillatietoestel bestaat onder andere uit een kolf waarin de wijn zit. De wijn in de kolf wordt verwarmd. De dampen stijgen op in een glazen buis waarin inkepingen zitten. Bij die inkepingen is de temperatuur relatief laag en condenseert de opstijgende waterdamp beter dan de alcoholdamp. Er vloeit daardoor langs de wand relatief veel water terug naar de kolf. Het percentage alcohol in de damp stijgt daardoor. Daarna stroomt de damp door een buis die gekoeld wordt met water. De damp condenseert en vloeit in de onderste kolf. Die vloeistof heet het destillaat. De vloeistof die uiteindelijk achterblijft in de eerste kolf, heet het residu. Door het proces met het destillaat te herhalen, kun je het percentage alcohol steeds verder verhogen.



figuur 6 Een destillatietoestel.

1 Bijna elke zuivere stof heeft een eigen, kenmerkend kookpunt, smeltpunt en stolpunt.

a Smeltend ijs heeft een temperatuur van .... Deze temperatuur heet het

.... van water of het .... van ijs.

b Een mengsel van ijs en zout heeft een *lager* / *hoger* smeltpunt dan zuiver ijs.

c Alcohol heeft een *lager* / *hoger* kookpunt dan water.

2 Vergelijk het koken van een pan water en het verdampen van een plas water met elkaar.

a Hoe verandert het water in deze twee situaties van fase?

b Leg voor beide situaties uit waar de fase-overgang plaatsvindt.

c Waaraan kun je zien dat water kookt en niet 'gewoon' verdampt?

3 Jeroen is rijst aan het koken. Als het water begint te koken, zet hij de warmtebron lager. Het water kookt dan zachtjes verder.

a Hoe hoog is de temperatuur van het kokende water?

b Duurt het langer voor de rijst gaar is, als je de warmtebron lager zet?

c Waarom is het verstandig de warmtebron lager te zetten?

4 Bij deze opdracht heb je grafiekpapier nodig.
Pieter verwarmt een vloeistof en meet de temperatuur (tabel 2).

a Teken een grafiek van Pieters waarnemingen, waarin je de temperatuur uitzet tegen de tijd.

Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.

b Bij welke temperatuur ligt het kookpunt van de vloeistof?

c Om welke vloeistof zou het kunnen gaan?

tabel 2 De meetresultaten van Pieter.

tijd (min)	temperatuur (°C)
0	20
0,5	33
1,0	46
1,5	58
2,0	68
2,5	75
3,0	77
3,5	78
4,0	78
4,5	78

5 Gallium is een metaal met een zilverwitte kleur. Het smeltpunt van gallium is 30 °C en het kookpunt is 2205 °C.

a Hoe ziet het metaal gallium eruit bij kamertemperatuur?

b Vergelijk het smeltpunt en kookpunt van gallium met het smeltpunt en kookpunt van andere metalen in tabel 1.
Wat is er bijzonder aan het smeltpunt en kookpunt van gallium?

c In feestwinkels kun je theelepeltjes van gallium kopen.
Wat gebeurt er als je met zo'n lepeltje in je warme thee roert? Tip: bekijk ook eens een video op internet.

6 In de winter wordt er soms zout gestrooid op een bevroren wegdek. Het ijslaagje smelt dan. Is de temperatuur van het smeltwater dan hoger dan, lager dan of gelijk aan 0 °C? Licht je antwoord toe.

7 Allette heeft een hoeveelheid stearinezuur gesmolten. Ze laat de stearine vervolgens langzaam afkoelen, terwijl ze om de minuut de temperatuur meet. Na de proef maakt ze een grafiek van haar waarnemingen (figuur 7).

a Hoe noem je het soort grafiek dat Allette gemaakt heeft?
een *smeltdiagram* / *stoldiagram*

b In welke fase is de stearine bij A?
in de *vaste* / *vaste en vloeibare* / *vloeibare* fase

c In welke fase is de stearine bij B?
in de *vaste* / *vaste en vloeibare* / *vloeibare* fase

d In welke fase is de stearine bij C?
in de *vaste* / *vaste en vloeibare* / *vloeibare* fase

e Tussen welke tijdstippen is er zowel vloeibare als vaste stearine aanwezig?

f Bij welke temperatuur ligt het stolpunt van de stearine?



figuur 7 De grafiek van Allette.

8 Joost beweert: “Door de antivries kan de motor van onze auto nooit kapot vriezen.”

a Leg uit wat Joost precies bedoelt. Gebruik het woord ‘vriespunt’ in je uitleg.

b Leg uit waarom het niet waar is wat Joost zegt.

9 Bij deze opdracht heb je grafiekpapier nodig.
Orhan smelt een hoeveelheid bijenwas in een reageerbuis. Ondertussen meet hij de temperatuur. In tabel 3 zie je zijn meetresultaten.

a Teken het smeltdiagram van deze proef.

b Na hoeveel minuten begint de bijenwas te smelten?

c Hoe hoog is dan de temperatuur?

d Na hoeveel minuten is alle bijenwas gesmolten?

e Hoe hoog is dan de temperatuur?

f Is bijenwas een zuivere stof of een mengsel? Waaraan zie je dat?

tabel 3 De meetresultaten van Orhan.

tijd (min)	temperatuur (°C)
0	20
1	31
2	40
3	43
4	46
5	49
6	51
7	54
8	57
9	60
10	71
11	83

★ 10 Bij een demonstratieproef wordt vloeibaar stikstof uit een dewarvat (een soort thermosfles) in een bekerglas geschonken.

- **a** Hoe komt het dat de stikstof meteen 'uit zichzelf' begint te koken?
- **b** Welke temperatuur heeft de kokende stikstof in het bekerglas? Waarom?
- **c** Waaruit bestaat de witte nevel die rond het bekerglas ontstaat?
- **d** Op het bekerglas ontstaat ijsaanslag. Leg uit hoe dat komt.

11 Op een blik wasbenzine (figuur 8) staat: 100/140. Deze getallen geven het kooktraject van de wasbenzine aan (in °C).

- **a** Op het etiket van het blik in figuur 8 staat 'kookpunt'. Waarom is dat eigenlijk onjuist?
- **b** Als je wasbenzine verwarmt, begint de benzine na enkele minuten te koken. Wat zal een thermometer aangeven die je op dat moment in de benzine houdt?
- **c** Wat zal de thermometer aangeven als de helft van de benzine is verdampt?
- **d** Wat zal de thermometer aangeven als bijna alle benzine is verdampt?
- **e** Het bepalen van het kooktraject van wasbenzine is niet moeilijk. Toch mag deze proef niet op school worden uitgevoerd. Bedenk daarvoor twee redenen.



figuur 8 Een etiket op een fles wasbenzine.

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

EXTRA DESTILLEREN

12 Teken een destillatie-opstelling en noteer er kort bij wat er gebeurt bij het destilleren van wijn.

13 Alcoholhoudende dranken met meer dan 15 vol% alcohol worden gedestilleerde dranken genoemd.

- **a** Verklaar deze naam.
- **b** Hoe komt het dat je met destilleren nooit zuivere alcohol kunt maken?

★ 14 Waarom laat men het koelwater bij het destilleren van onder naar boven stromen en niet van boven naar onder?

Practica

PROEF 1 EEN VLOEISTOFTHERMOMETER IJKEN

30 minuten

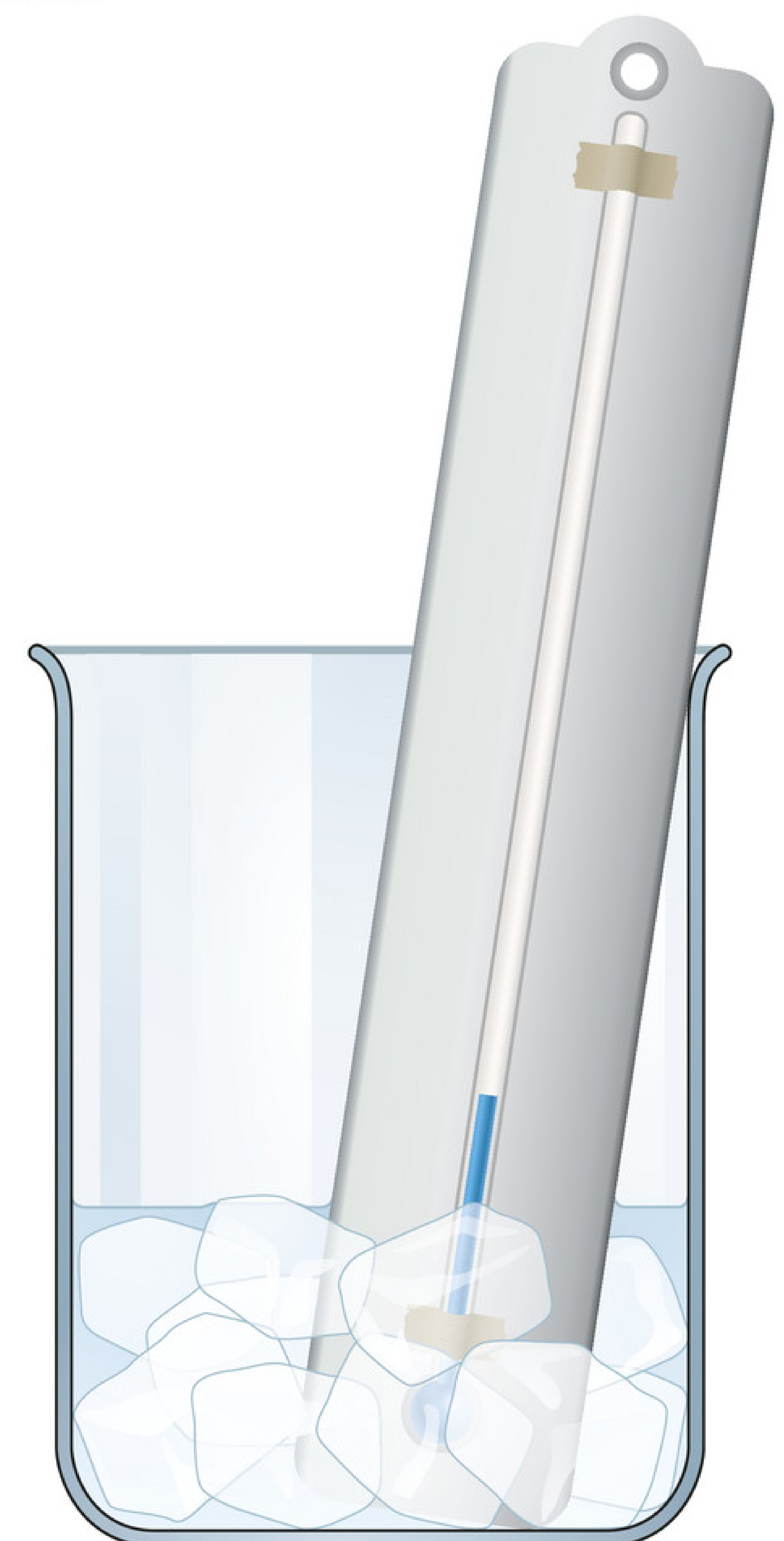
Inleiding
Een vloeistofthermometer heeft een reservoir en een stijgbuis, met daarlangs een schaalverdeling in graden Celsius (°C), waarop je de temperatuur afleest.

Doel
Bij deze proef ga je een thermometer van zo'n schaalverdeling voorzien.

Nodig
- ☐ crêpe-tape
- ☐ bekerglas
- ☐ stukjes ijs
- ☐ thermometer zonder schaalverdeling
- ☐ gewone thermometer
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

Uitvoeren en uitwerken
Het nulpunt bepalen
- Plak een smal strookje crêpetape vlak naast de stijgbuis.
- Doe de stukjes ijs in het bekerglas. Zet vervolgens de thermometer erin. Het reservoir moet aan alle kanten omringd zijn met ijsblokjes (figuur 1).
- Wacht twee minuten. Zet dan op het crêpetape een potloodstreepje op de plaats waar de alcohol staat.
- Haal de thermometer uit het ijs en schrijf het cijfer 0 bij het streepje.

Het honderdpunt bepalen
- Vul het bekerglas voor een derde met water. Breng het water met behulp van de brander aan de kook.
- Zet de thermometer in het bekerglas. Laat de thermometer een minuut in het kokende water staan.
- Zet dan een potloodstreepje op het crêpetape op de plaats waar de vloeistof staat.
- Haal de thermometer uit het water. Doe de brander uit. Schrijf het cijfer 100 bij het streepje dat je net hebt gezet.



figuur 1 De thermometer in ijswater.

IJken en meten
- Verdeel de ruimte tussen 0 en 100 met behulp van streepjes in tien gelijke delen. Zet bij die streepjes de getallen 10 tot en met 90.
- Meet de temperatuur in het lokaal met de thermometer waarvoor je een schaalverdeling hebt gemaakt. Probeer de temperatuur tot op één graad nauwkeurig te bepalen. Meet daarna de temperatuur in het lokaal nog eens, maar nu met een gewone thermometer.

1 Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

....

- Meet op dezelfde manier met beide thermometers de temperatuur van kraanwater, meteen nadat het uit de kraan komt.

2 Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

....

- Meet ook met beide thermometers de temperatuur van je lichaam. Houd het reservoir elke keer 30 seconden onder je oksel, voor je de temperatuur afleest.

3 Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

....

4 Kun je met de thermometer waarvoor je een schaalverdeling gemaakt hebt, redelijk nauwkeurig de temperatuur meten?

....

....

PROEF 2 VERDAMPING EN DE GEVOELSTEMPERATUUR

15 minuten

Inleiding
Als je ’s zomers uit het zwembad stapt, merk je dat de wind invloed heeft op de temperatuur die jij voelt. Als het windstil is, voelt het warmer aan dan als het flink waait. Dat komt doordat het water op je huid door de wind sneller verdampt.

Doel
Je onderzoekt bij deze proef welke invloed verdamping heeft op de gevoelstemperatuur. Onder gevoelstemperatuur verstaan we hier de temperatuur zoals jij die ervaart.

Nodig
- ☐ druppelflesje met water
- ☐ druppelflesje met ethanol
- ☐ druppelflesje met nagellakoplosser

Uitvoeren en verwerken
- Doe een druppel water op de bovenkant van je onderarm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.
- Doe een even grote druppel ethanol op je arm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.
- Doe een even grote druppel nagellakoplosser op je arm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.

1 Wat voelde je tijdens het verdampen?

....

....

2 Welke vloeistof verdampt het snelst?

....

3 Welke vloeistof voelde het koudst aan?

....

4 Welk verband is er tussen het verdampen van vloeistoffen en de gevoelstemperatuur?

....

....

....

PROEF 3 WATER KOKEN

30 minuten

Inleiding
Als je een stof verwarmt, stijgt de temperatuur van die stof. Dat zie je bijvoorbeeld als je water aan de kook brengt voor een kop thee.

Doel
Bij deze proef ga je zelf onderzoeken hoe de temperatuur verandert.
De onderzoeksvraag luidt:
Hoe verandert de temperatuur van water als je het water aan de kook brengt?

Nodig
- ☐ bekerglas
- ☐ thermometer
- ☐ horloge
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker
- ☐ grafiekpapier

Uitvoeren en uitwerken
Werkverdeling
Deze proef doe je in tweetallen:
- Leerling 1 leest de temperatuur af op de thermometer.
- Leerling 2 houdt de tijd bij en noteert de meetresultaten.

Voorbereiden
Doe precies 100 mL water in het bekerglas. Maak daarna de opstelling die in figuur 2 is getekend.

1 Noteer de temperaturen die je afleest in tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 3.

tijd (min)	temperatuur (ºC)	tijd (min)	temperatuur (ºC)
0,0		4,0	
0,5		4,5	
1,0		5,0	
1,5		5,5	
2,0		6,0	
2,5		6,5	
3,0		7,0	
3,5		7,5	

- Meet de begintemperatuur van het water.
- Steek de brander aan zoals je dat hebt geleerd. Draai de gasregelknop half open.
- Draai de luchtregelknop zover open dat je een blauwe vlam krijgt die rustig brandt (zonder veel lawaai te maken).
- Schuif de brander onder het bekerglas op de driepoot (figuur 2).
- Lees om de dertig seconden de thermometer af. Houd het reservoir van de thermometer tijdens het meten ongeveer een centimeter boven de bodem van het bekerglas.
- Op een gegeven moment gaat het water koken. Doe daarna nog vier metingen.
- Doe de brander uit na de laatste meting.

2 Waaraan kon je zien dat het water kookte?

....

....

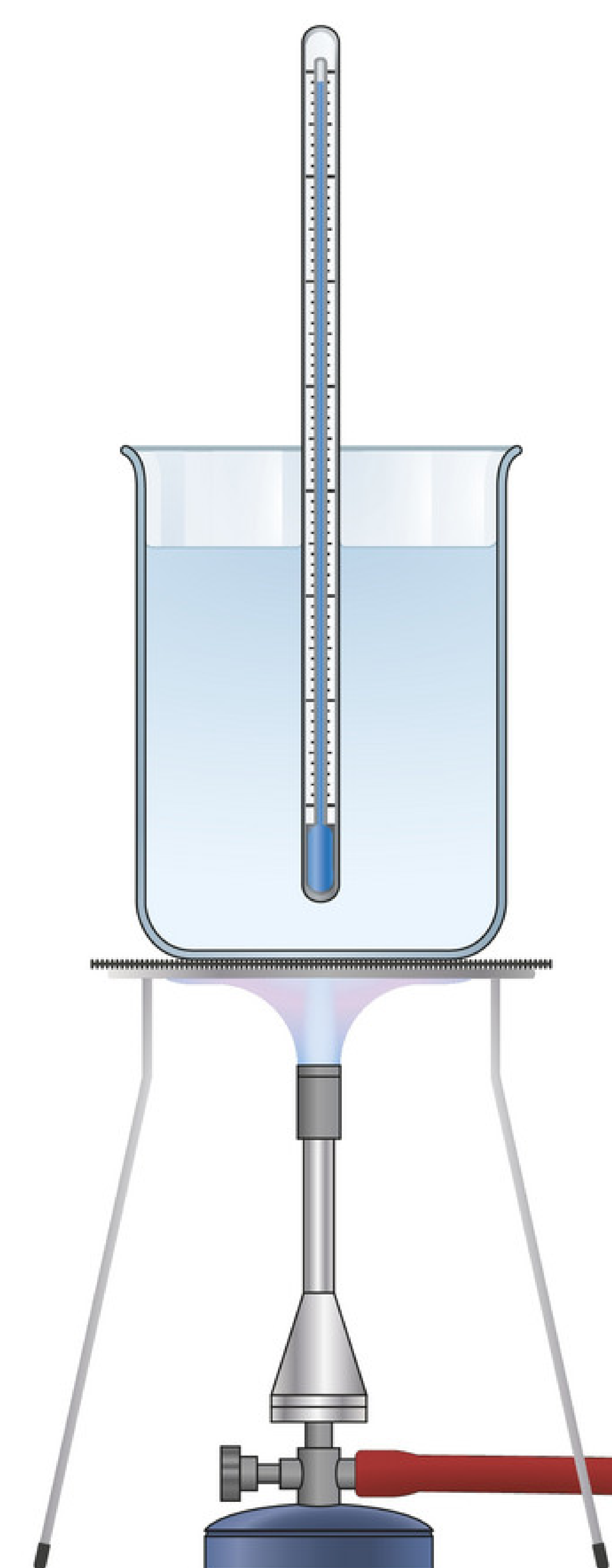
- Bekijk hoeveel water er nog in het bekerglas zit.

3 Is er water uit het bekerglas verdwenen? Zo ja, waar is dat water gebleven?

....

....

....



figuur 2 De opstelling van proef 3.

Uitwerken

4 Teken de grafiek van deze proef. Teken eerst je meetresultaten in als een serie punten. Trek daarna een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Je mag dus niet met een liniaal de punten één voor één met elkaar verbinden.

Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.

PROEF 4 HET KOOKPUNT VAN ALCOHOL BEPALEN

20 minuten

Inleiding

Elke zuivere stof heeft een kookpunt. Het kookpunt is een stofeigenschap die voor elke stof verschillend is. Je kunt een stof dus aan het kookpunt herkennen.

Doel

Bij deze proef bepaal je het kookpunt van zuivere ethanol (= gewone alcohol). Omdat ethanol zeer brandbaar is, doe je de proef op een speciale manier.

Nodig

- ☐ bekerglas
- ☐ reageerbuis met ethanol
- ☐ thermometer
- ☐ horloge
- ☐ gasbrander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

Uitvoeren en uitwerken

Voorbereiden

- Doe 200 mL water in het bekerglas.
- Verwarm het water met de brander. Gebruik een vlam die rustig brandt (zonder veel lawaai te maken).
- Wacht tot het water kookt. Doe dan de brander uit.
- Wacht tot je docent ook de hoofdkraan heeft dichtgedraaid.

Meten

- Zet de reageerbuis met ethanol in het hete water.
- Zet de thermometer in de ethanol in de reageerbuis.
- Lees de temperatuur af tot deze niet meer verandert.

1 Hoe verandert de temperatuur van de ethanol tijdens de proef?

....

....

....

2 Wat zie je aan de ethanol als de temperatuur niet meer stijgt?

....

....

....

3 Hoe hoog is het kookpunt van ethanol volgens deze proef?

....

- Ruik vlak bij de opstelling en let op de geur die je daar waarneemt.

4 Probeer die geur te omschrijven.

....

....

....

5 Wat is er met de ethanol gebeurd?

....

....

....

PROEF 5 EEN KOUDMAKEND MENGSEL MAKEN

15 minuten

Inleiding

Als je consumptie-ijs wilt maken, moet je ervoor zorgen dat de ingrediënten koud genoeg worden om te bevriezen. Daar bestaan speciale ijsmachines voor, maar je kunt ook gebruikmaken van een koudmakend mengsel.

Doel

Bij deze proef zie je hoe je met een mengsel van zout en ijs de temperatuur kunt laten dalen tot ver onder 0 °C.

Nodig

- ☐ bekerglas met 150 mL fijngestampt ijs
- ☐ thermometer
- ☐ keukenzout
- ☐ schepje
- ☐ reageerbuis
- ☐ limonadesiroop
- ☐ roerstaafje
- ☐ horloge/stopwatch

Uitvoeren en uitwerken

- Meet de temperatuur van het smeltende ijs en noteer deze.
- Doe drie flinke scheppen zout bij het ijs en roer het mengsel kort.

1 Wat zie je gebeuren als je het zout toevoegt en roert?

....

....

....

- Zet de thermometer meteen weer in het mengsel van ijs en zout.

2 Noteer iedere 15 seconden de temperatuur. Ga hiermee door tot de temperatuur niet meer verandert.

....

....

....

....

- Doe 1 mL limonade (ongeveer zo hoog als de dikte van een wijsvinger) in de reageerbuis en zet deze in het smeltende ijs.

3 Wat gebeurt er met de limonade? Hoe komt dat?

....

....

....

PROEF 6 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: AFKOELEN DOOR VERDAMPEN

30 minuten

Inleiding
Een producent van laboratoriumapparatuur wil een koelapparaat ontwerpen waarmee extreem lage temperaturen bereikt kunnen worden. Aan de ontwerper is gevraagd om gebruik te maken van het afkoelende effect dat snel verdampende vloeistoffen hebben. De vraag is nu met welke vloeistof de laagste temperatuur bereikt kan worden. Daarvoor wordt de afdeling research ingeschakeld. Jij bent bij deze opdracht de wetenschapper die het onderzoek moet uitvoeren.

Doel
De onderzoeksvraag luidt:
In hoeverre kun je de temperatuur laten dalen met drie verdampende vloeistoffen? De verdampende vloeistoffen zijn water, ethanol en nagellakoplosser. Je moet de vloeistoffen zo eerlijk mogelijk met elkaar vergelijken.

Nodig
Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

Uitvoeren en uitwerken
- Bedenk hoe je de onderzoeksvraag betrouwbaar kunt beantwoorden. Wat ga je meten, welke practicumspullen heb je nodig, hoe kun je elke vloeistof onder precies dezelfde omstandigheden testen?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Voer daarna het onderzoek uit.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten in je schrift.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

PROEF 7 EEN ONTWERP MAKEN: DE REGENMETER



90 minuten

Inleiding

Jouw school gaat een weerproject doen, waarbij de leerlingen zelf gegevens verzamelen. Een van die weergegevens is de hoeveelheid neerslag die er de afgelopen 24 uur is gevallen. Het is de bedoeling dat de leerlingen hiervoor zelf een betrouwbare regenmeter maken. Jij krijgt de opdracht om een ontwerp van zo'n meter te maken.

Doel

Bij deze proef ga je een regenmeter ontwerpen, bouwen en ijken. Je prototype moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

Ontwerpeisen

- De regenmeter is gemaakt van materialen die weinig of niets kosten. Op internet kun je hier ideeën voor vinden.
- Op de schaalverdeling kan het aantal millimeter regen afgelezen worden dat sinds de laatste meting gevallen is. (Dat is hoe hoog het water zou staan als de regen niet zou wegstromen, zou verdampen of in de bodem zou wegzakken.)
- De regenmeter 'vergroot' de stijging van het water minstens vijf keer: als er 1 mm regen valt, stijgt het water in de regenmeter minstens 5 mm.
- De regenmeter kan na een meting weer gemakkelijk 'op nul' gezet worden.
- De regenmeter staat stabiel en zit stevig in elkaar. Je kunt er zonder problemen twee weken lang metingen mee doen, ook bij slecht weer.
- De schaalverdeling van de meter is geijkt: je hebt gecontroleerd of de streepjes en de getallen juist zijn aangebracht.

Nodig

Bij deze opdracht bedenk je zelf welke spullen je nodig hebt. Overleg indien nodig met je docent.

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de opdracht kunt uitvoeren. Uit welke onderdelen bestaat jouw meter, welke spullen heb je nodig, hoe kun je testen of de schaalverdeling klopt?

1 Maak een werkplan voor deze opdracht.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Bouw de regenmeter en ijk hem zorgvuldig.

2 Maak een testverslag met daarin:

a een duidelijke bouwtekening van de regenmeter.

b de tests die je hebt uitgevoerd en de resultaten daarvan.

c eventuele veranderingen die je in het ontwerp hebt aangebracht.

De explosieve kracht van stoom



Eerst hoor je het geborrel van water en het gesis van ontsnappende stoom. Dan begint de grond onder je voeten te trillen. Plotseling schiet een 50 meter hoge kolom van stoom en kokend water de grond uit. Terwijl de nevelwolken wegdrijven op de wind, blijft de eruptie eindeloos doorgaan, negen, tien minuten lang. Dan stopt de geiser weer, bijna even plotseling als hij begonnen is. Als je geluk hebt, is er over een uur of acht weer een voorstelling.

Stoom uit een geiser

De eruptie van een flinke geiser is een indrukwekkend schouwspel. De kracht waarmee het water omhoogspuit, is enorm. Die kracht is afkomstig van oververhitte stoom die zich diep (op enkele kilometers) in de vulkanische bodem heeft gevormd. Bij een geiser zit de ondergrond zo in elkaar dat de stoom niet gemakkelijk uit de bodem kan ontsnappen. De druk loopt steeds verder op, totdat die niet meer te bedwingen is. De stoom ontsnapt dan met explosieve kracht en blaast tonnen heet water de lucht in.

Een tweeduizend jaar oude stoomturbine

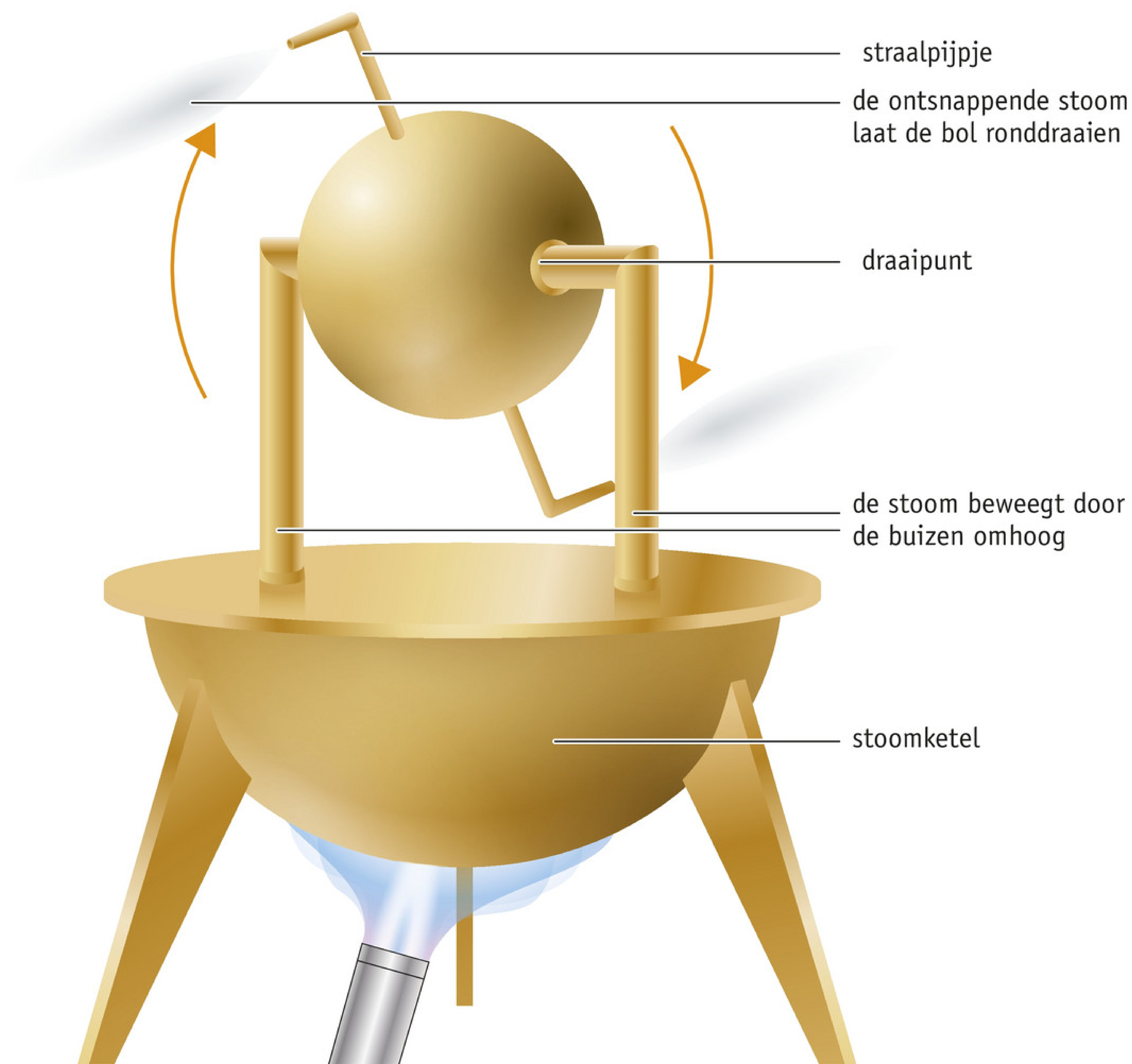
Dat stoom krachten kan uitoefenen, was tweeduizend jaar geleden ook al bekend. Toen bouwde Heron van Alexandrië, een Griekse wetenschapper en uitvinder, 's werelds eerste stoomturbine. Een primitieve machine – voor ons gevoel is het meer een speeltje dan een serieus apparaat – maar het idee erachter was goed. Een moderne stoomturbine werkt volgens dezelfde principes.

In figuur 1 zie je hoe Herons uitvinding werkte. In een stoomketel werd water verhit. De stoom die daarbij ontstond, werd via twee holle buizen naar een draaibare bal geleid. Daar kon de stoom via twee gebogen pijpjes uit ontsnappen. De kracht waarmee dat gebeurde, was groot genoeg om de bal met een flinke snelheid te laten draaien.

De *aeolipile* van Heron (zo noemde hij zijn uitvinding) kan urenlang draaien op een paar liter water. Dat komt doordat er uit een kleine hoeveelheid water een enorm volume aan stoom kan ontstaan. Als stoom onbelemmerd uit kan zetten, levert 1 liter water wel 1600 liter stoom op. Herons *aeolipile* haalt dat niet, omdat de stoom maar via twee nauwe openingen uit het apparaat kan ontsnappen. Toch heb je ook in dit geval genoeg aan 1 liter water om honderden liters stoom te maken.

Stoom opsluiten

Als je water kookt in een steelpannetje, kan de stoom alle kanten op. De stoom hoeft niet hard te duwen om meer ruimte voor zichzelf te maken. Je krijgt dan wel een heleboel stoom, maar geen grote krachten. Datzelfde zie je in vulkanische gebieden waar de stoom gemakkelijk uit de bodem kan ontsnappen. Je hebt daar wel hete bronnen die voortdurend borrelen en nevelwolken uitstoten, maar geen geisers die opeens krachtig uitbarsten.



figuur 1 De *aeolipile* van Heron.

Om stoom kracht te laten uitoefenen, moet je het opsluiten in een kleine ruimte, zoals de ketel van Herons *aeolipile*. Als het water in de ketel kookt, ontstaat er steeds meer stoom waar niet meteen een uitweg voor is. Daardoor loopt de druk in de ketel en de bol flink op – en dat is precies wat nodig is om de stoom met kracht uit de straalpijpjes te laten stromen.

Stoom onder hoge druk is uiterst geschikt om dingen in beweging te brengen. Nergens zie je dat beter dan in een moderne elektriciteitscentrale (figuur 2). Veertig meter hoge stoomketels produceren stoom voor een reeks turbines in de machinehal. De turbines worden aan het draaien gebracht door de gloeiend hete stoom die tegen de turbinebladen blaast – net als windmolens door de wind, maar dan vele malen krachtiger. Ze drijven op hun beurt generatoren aan die honderdduizenden mensen van elektrische energie voorzien.



figuur 2 Een moderne elektriciteitscentrale.

Stoomexplosies

De kracht van stoom kan ook gevaarlijk zijn. Een ketel of een pijpleiding die stoom onder hoge druk bevat, kan het plotseling begeven door een constructiefout of door ouderdom en slecht onderhoud. De stoom stroomt dan met onweerstaanbare kracht naar buiten en blaast alles in zijn pad opzij. Mensen kunnen niet alleen gewond raken door de hete stoom, maar ook door rondvliegende brokstukken.

Op 19 juli 2018 explodeerde een ondergrondse stoomleiding onder een druk kruispunt in New York (figuur 3). De stoom blies heet water en modder meer dan veertig meter de lucht in. Tientallen gebouwen in de buurt van het bekende *Flatiron*-gebouw moesten ontruimd worden. De oorzaak: een zwakke plek in een 89 jaar oude stoompijp.

De explosieve kracht van stoom is ook de reden dat je een brandende frituurpan NOOIT met water moet proberen te blussen. De combinatie van water en heet brandend vet is levensgevaarlijk. Als het water het frituurvet raakt, zal het razendsnel veranderen in stoom. De daarop volgende stoomexplosie slingert het brandende vet alle kanten op. Er ontstaat een grote vuurbal die alles om zich heen in brand zet.

Voorzichtig … stoom!
Stoomketels worden zorgvuldig ontworpen zodat ze de enorme kracht van de stoom kunnen weerstaan. De bouwers houden een veiligheidsmarge aan. Ook als de druk boven de maximaal toelaatbare waarde stijgt, vliegen de brokken je niet meteen om de oren. Bovendien zijn er allerlei veiligheidsvoorzieningen. Als de druk in een ketel te hoog oploopt, gaan er meteen veiligheidskleppen open. Daardoor kan er stoom ontsnappen, zodat de druk in de ketel zakt. Buiten de ketel zie je dan een grote nevelwolk waar de hete stoom condenseert in de koude buitenlucht.

figuur 3 Ravage in Manhattan.

Stoomontploffing treft New York



Een explosie in een ondergrondse leiding heeft voor chaos gezorgd tijdens de ochtendspits in New York City. Door de ontploffing ontstond een geiser die wolken waterdamp omhoogspoot boven Manhattan.
Het incident gebeurde op de hoek van de bekende winkelstraat Fifth Avenue en 21st Street. Stukken asfalt vlogen de straat op en er ontstond een krater in het midden van Fifth Avenue. Door de explosie in de stoomleiding raakten ook water-, gas- en elektriciteitsleidingen beschadigd. Gebouwen in de omgeving werden ontruimd en in de straten eromheen werd het verkeer stilgelegd.
Het stoomleidingnet onder de straten van Manhattan werd aangelegd om wolkenkrabbers en bedrijven te verwarmen. Sommige bedrijven gebruiken de stoom ook voor schoonmaakdoeleinden.

Naar: nos.nl.

Aan het begin van het stoomtijdperk, nu zo'n tweehonderd jaar geleden, had de veiligheid nog niet zoveel aandacht. Maar er gebeurden zoveel ongelukken dat daar al snel verandering in kwam. In 1824 werd in Nederland de Stoomwet van kracht. Daarin stonden allerlei regels die voor meer veiligheid moesten zorgen. De mensen van toen zullen alle voorschriften weleens lastig hebben gevonden, maar de veiligheid verbeterde er enorm door.

De ouderwetse stoommachine is inmiddels bijna uitgestorven, maar stoomturbines doen het nog altijd fantastisch. Ze wekken 80% op van alle elektrische energie die wereldwijd wordt gebruikt. Zelfs een kerncentrale kan niet zonder stoomturbines om warmte om te zetten in beweging. Elektriciteit heeft het gebruik van stoom dus niet overbodig gemaakt, maar alleen verplaatst … naar de centrale. Als je er goed over nadenkt, maken zelfs je telefoon en je laptop indirect gebruik van de kracht van stoom.

WEETJE

New York heeft het grootste commerciële stoomsysteem ter wereld, met circa 160 km aan pijpleidingen. Meer dan honderdduizend bedrijven en huishoudens zijn op het systeem aangesloten. Woningverwarming, warmwatervoorziening en airconditioning zijn de belangrijkste toepassingen. Sommige van de stoompijpen zijn al meer dan honderd jaar oud.

OPDRACHTEN

1 Leg uit hoe het komt:

a dat geisers niet voorkomen in gebieden waar de bodem heet water en stoom gemakkelijk doorlaat.

b dat de druk in de ketel en in de bol van Herons *aeolipile* oploopt als het water in de ketel begint te koken.

c dat je een enorm risico loopt als je een brandje in een frituurpan met water probeert te blussen.

2 Bij een stoomexplosie ontstaan altijd grote wolken witte nevel.

a Uit welke stof bestaan die nevelwolken? In welke fase is die stof?

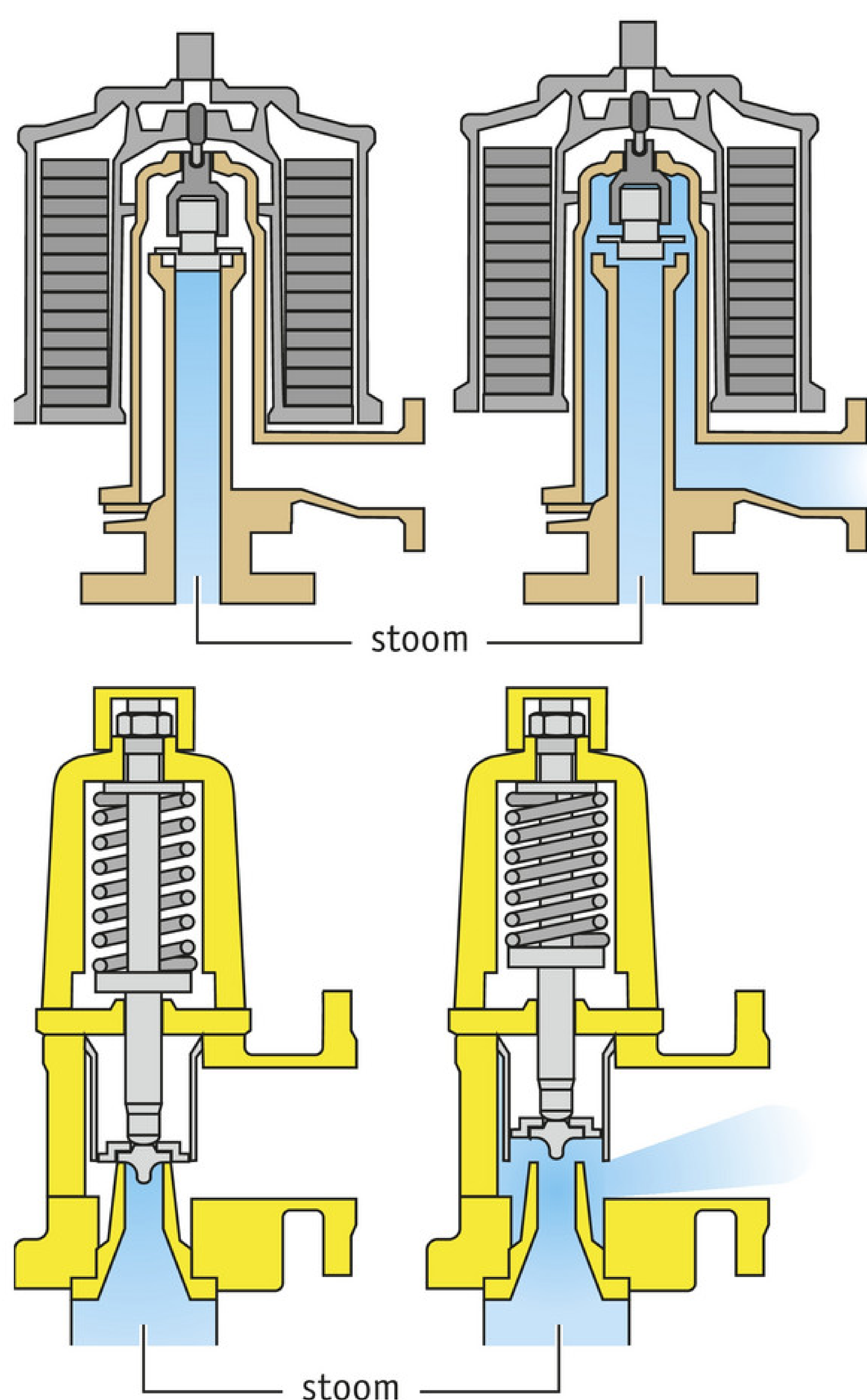
b De media hebben het over 'stoomwolken' en 'wolken waterdamp'. Waarom zijn deze namen vanuit natuurkundig oogpunt minder juist?

c In een krantenbericht staat: "De stoomwolken losten snel weer op." Vertaal deze zin van 'alledaagse/mediataal' naar 'natuurkundetaal'.

3 Bekijk de twee soorten veiligheidskleppen in figuur 4.

a Leg uit hoe de bovenste veiligheidsklep werkt.

b Leg uit hoe de onderste veiligheidsklep werkt.



figuur 4 Twee veiligheidskleppen.

Leerstofoverzicht

3.1 IJS, WATER, WATERDAMP

ONTHOUD

- Stoffen kunnen voorkomen in drie fasen: vaste stof, vloeistof en gas.
- Moleculen bestaan uit atomen.
- Met het deeltjesmodel kun je je een beeld vormen van de drie fasen. In elke fase zijn de moleculen van een stof hetzelfde, maar ze bewegen anders:
  - In een vaste stof trillen de moleculen heen en weer rond een eigen vaste plaats. Een vaste stof heeft daardoor een vast volume en een vaste vorm.
  - In een vloeistof bewegen de moleculen in alle richtingen langs elkaar heen, maar ze blijven wel zo dicht mogelijk bij elkaar. Een vloeistof heeft daardoor een vast volume, maar geen eigen vorm.
  - In een gas bewegen de moleculen los van elkaar en ze verspreiden zich over de ruimte waar het gas in zit. Daardoor is de gemiddelde onderlinge afstand tussen de moleculen erg groot. Een gas heeft geen vast volume en ook geen eigen vorm.
- Stoom is hete waterdamp en is dus een gas. Stoom kun je niet zien.
- Moleculen van dezelfde stof trekken elkaar aan. Dat heet cohesie. Er kan ook een aantrekkingskracht bestaan tussen moleculen van verschillende stoffen. Dat heet adhesie.
- Bij veel vaste stoffen zijn de moleculen van een vaste stof regelmatig gestapeld. Zo ontstaat een kristalrooster. Dergelijke stoffen heten kristallijne stoffen.

BEGRIPPEN

adhesie
Aantrekkingskracht tussen moleculen van verschillende stoffen.

atoom
Bouwsteen van een molecuul.

cohesie
Aantrekkingskracht tussen moleculen van dezelfde stof.

deeltjesmodel
Natuur- en scheikundig model dat ervan uitgaat dat stoffen uit moleculen bestaan. Hoe de moleculen bewegen, hangt af van de fase waarin de stof zich bevindt.

fase
Toestand waarin een stof zich bevindt.

gas
Fase van een stof waarin alle moleculen los van elkaar kunnen bewegen. De moleculen zitten op relatief grote afstand van elkaar.

kristallijne stoffen
Stoffen die uit kristallen bestaan.

kristalrooster
Regelmatige stapeling van moleculen van één stof. In dit rooster heeft elk molecuul een vaste plaats.

kristalstructuur
Kenmerkende, regelmatige structuur van veel vaste stoffen.

vaste stof
Fase van een stof waarin alle moleculen rond een evenwichtsstand trillen.

vloeistof
Fase van een stof waarin alle moleculen langs elkaar heen kunnen bewegen. De moleculen zitten zo dicht mogelijk bij elkaar.

3.2 TEMPERATUUR

ONTHOUD

- Met een thermometer kun je de temperatuur meten. De eenheid van temperatuur die in het dagelijks leven veel gebruikt wordt is graden Celsius (°C).
- Een vloeistofthermometer bestaat uit een reservoir en een stijgbuis waarlangs een schaalverdeling is aangebracht. Bij een vloeistofthermometer stijgt de vloeistof in de stijgbuis als de temperatuur stijgt. Dat komt doordat de vloeistof uitzet.
- Het verschil tussen de laagste en hoogste temperatuur die je met een thermometer kunt meten is het meetbereik.
- Het maken of controleren van een schaalverdeling op een meetinstrument heet ijken.
- De schaalverdeling in graden Celsius gaat uit van twee vaste punten: de temperatuur van smeltend ijs is 0 °C en de temperatuur van kokend water is 100 °C. Het tussenliggende gebied op de thermometer wordt in honderd gelijke stukken verdeeld.
- Om de temperatuur van de lucht betrouwbaar te meten, worden thermometers 1,5 m boven de grond, in een witgeschilderde weerhut gehangen. Daarin zitten openingen waar de wind vrij doorheen kan waaien.
- Op een digitale thermometer lees je de temperatuur af op een scherm. Een digitale thermometer bevat geen vloeistof, maar werkt met een sensor. Een sensor is een klein stukje elektronica dat de temperatuur omzet in een elektrisch signaal.

BEGRIPPEN

digitale thermometer
Thermometer waarbij je de temperatuur op een schermpje kunt aflezen.

ijken
Het maken of controleren van een schaalverdeling op een meetinstrument.

meetbereik
Het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde die je met een meetinstrument kunt meten.

reservoir
Ruimte onderaan de vloeistofthermometer die gevuld is met vloeistof.

sensor
Klein stukje elektronica dat een grootheid omzet in een elektrisch signaal.

stijgbuis
Doorzichtig pijpje van een thermometer waarin een vloeistof kan stijgen en dalen.

thermometer
Instrument om de temperatuur mee te meten.

vloeistofthermometer
Thermometer die bestaat uit een reservoir en een stijgbuis gevuld met vloeistof.

3.3 VERANDEREN VAN FASE

ONTHOUD

- Bij een fase-overgang gaat een stof over van de ene fase in een andere fase.
- Er zijn zes fase-overgangen:
  - bij smelten verandert een vaste stof in een vloeistof;
  - bij stollen of bevriezen verandert een vloeistof in een vaste stof;
  - bij verdampen verandert een vloeistof in een gas;
  - bij condenseren verandert een gas in een vloeistof;
  - bij rijpen verandert een gas in een vaste stof;
  - bij vervluchtigen verandert een vaste stof in een gas.
- De fase-overgangen spelen een belangrijke rol bij allerlei weersverschijnselen.
- Wat er bij een fase-overgang gebeurt, is te beschrijven met het deeltjesmodel:
  - Als de temperatuur van een vaste stof stijgt, gaan de moleculen steeds harder trillen waarbij ze steeds verder uit elkaar bewegen. De afstand tussen de moleculen wordt dan zo groot dat aantrekkingskracht te klein wordt om ze bij elkaar te houden. De stof smelt dan en wordt vloeibaar.
  - In een vloeistof bewegen de moleculen alle kanten op. Moleculen die zich vlak bij het vloeistofoppervlak bevinden, kunnen door hun snelheid uit de vloeistof ontsnappen. De vloeistof verdampt dan en wordt een gas.
- Bijna alle vloeistoffen krimpen als de temperatuur daalt. Maar als de temperatuur van water daalt tot tussen 4 °C en 0 °C, zet water juist weer uit. Als het water daarna bevriest, zet het nog verder uit. Dat water uitzet bij bevriezing heeft te maken met de bijzondere kristalstructuur van ijs. De moleculen vormen zeshoeken met daarbinnen veel lege ruimte. Daardoor is de gemiddelde afstand tussen de moleculen in ijs groter dan in water. Het vormen van zeshoeken begint al wanneer de temperatuur daalt tot onder 4 °C.

BEGRIPPEN

bevriezen
Het stollen van water.

condenseren
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van gasvormig naar vloeibaar.

fase-overgang
Verandering van fase van een stof.

rijpen
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van gasvormig naar vast.

smelten
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vast naar vloeibaar.

stollen
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vloeibaar naar vast.

verdampen
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vloeibaar naar gasvormig.

vervluchtigen
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vast naar gasvormig.

3.4 KOOKPUNT EN SMELTPUNT

ONTHOUD

- Als water kookt, bereiken de dampbellen, die overal in de vloeistof ontstaan, het wateroppervlak.
- Als een vloeistof verhit wordt, stijgt de temperatuur tot het kookpunt. Tijdens het koken blijft de temperatuur constant.
- Als een vaste stof verhit wordt, stijgt de temperatuur tot het smeltpunt. Bij het smeltpunt wordt de vaste stof vloeibaar. Tijdens het smelten blijft de temperatuur constant. Bij water spreek je niet van smeltpunt, maar van vriespunt.
- Je kunt het vriespunt van water verlagen door een geschikte stof aan het water toe te voegen (zout of antivries).
- Als je een vaste stof verhit en je meet regelmatig de temperatuur van die stof, voor, tijdens en na het smelten, dan kun je een smeltdiagram tekenen.
- Als je een vloeistof laat afkoelen en je meet regelmatig de temperatuur van die stof voor, tijdens en na het stollen, dan kun je een stoldiagram tekenen.
- Mengsels van vloeistoffen hebben geen kookpunt, maar een kooktraject. Het mengsel gaat in een bepaald temperatuurgebied over van de vloeibare fase naar de gasvormige fase.

BEGRIPPEN

koken
Het proces waarbij een vloeistof niet alleen aan de oppervlakte verdampt, maar overal in de vloeistof.

kookpunt
Temperatuur waarbij een vloeistof gaat koken. Het kookpunt is een kenmerkende stofeigenschap.

kooktraject
Temperatuurgebied waarin een mengsel van vloeistoffen overgaat van de vloeibare naar de gasvormige fase.

smeltdiagram
Grafiek die het temperatuurverloop tijdens het smeltproces weergeeft voor een specifieke stof.

smeltpunt
Temperatuur waarbij een vaste stof gaat smelten. Het smeltpunt is een kenmerkende stofeigenschap.

stoldiagram
Grafiek die het temperatuurverloop tijdens het stollingsproces weergeeft voor een specifieke stof.

vriespunt
Temperatuur waarbij een stof gaat stollen. Vries- en stolpunt zijn kenmerkende stofeigenschappen.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

4 Elektriciteit

MOBIELE APPARATEN

Een elektrisch apparaat dat op batterijen werkt, kun je meenemen en gebruiken waar je maar wilt. Je hebt dan geen last van een snoer dat in het stopcontact moet. Natuurlijk moet je wel de batterijen op tijd opladen of verwisselen.

INTRODUCTIE

THEORIE

PRAKTIJK

AFSLUITING


10000

1 Een stroomkring maken

LEERDOELEN

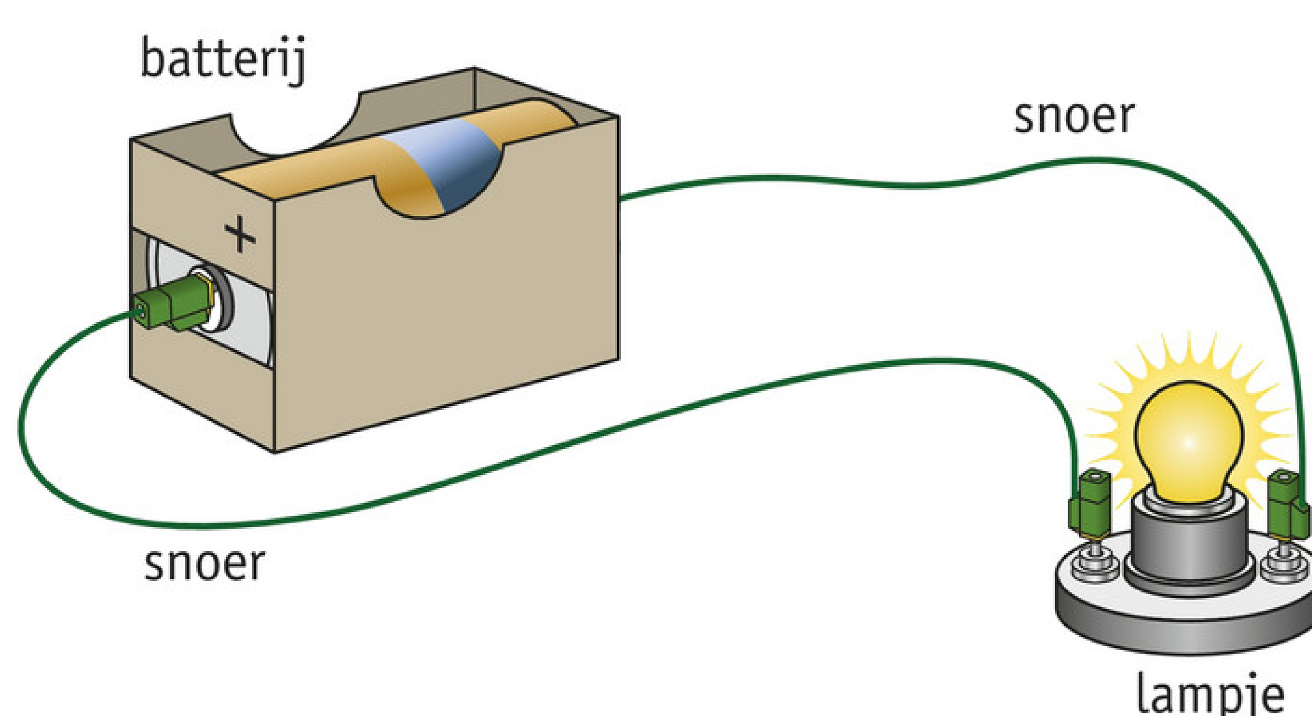
4.1.1 Je kunt uitleggen hoe je een gesloten stroomkring maakt.
4.1.2 Je kunt de verschillende onderdelen van een stroomkring benoemen.
4.1.3 Je kunt het verschil tussen geleiders en isolatoren beschrijven.
4.1.4 Je kunt een aantal geleiders en isolatoren noemen.
4.1.5 Je kunt uitleggen op welke manier je de stroomsterkte meet.
EXTRA 4.1.6 Je kunt uitleggen hoe een reedcontact werkt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.1.4	4.1.5	4.1.6
Onthouden	1a	1d	1c, 2a	1b, 3	2bc	14ab
Begrijpen	12b				5, 6ab, 7abcdef, 12c	16a
Toepassen	4, 10, 11, 12a		8, 9			15, 16b
Analyseren	13ab					

In huis zijn er allerlei apparaten die op elektriciteit werken. Apparaten met een groot energieverbruik, zoals een stofzuiger of een wasmachine, sluit je aan op het lichtnet. Maar er zijn ook veel elektrische apparaten die op batterijen of accu's werken.

EEN GESLOTEN STROOMKRING

Om een lampje te laten branden, moet je er een elektrische stroom doorheen laten lopen. Dat lukt alleen als je een gesloten **stroomkring** maakt. Bijvoorbeeld van de ene kant van een batterij naar het lampje, door het lampje en weer terug naar de andere kant van de batterij (figuur 1).



figuur 1 Een gesloten stroomkring.

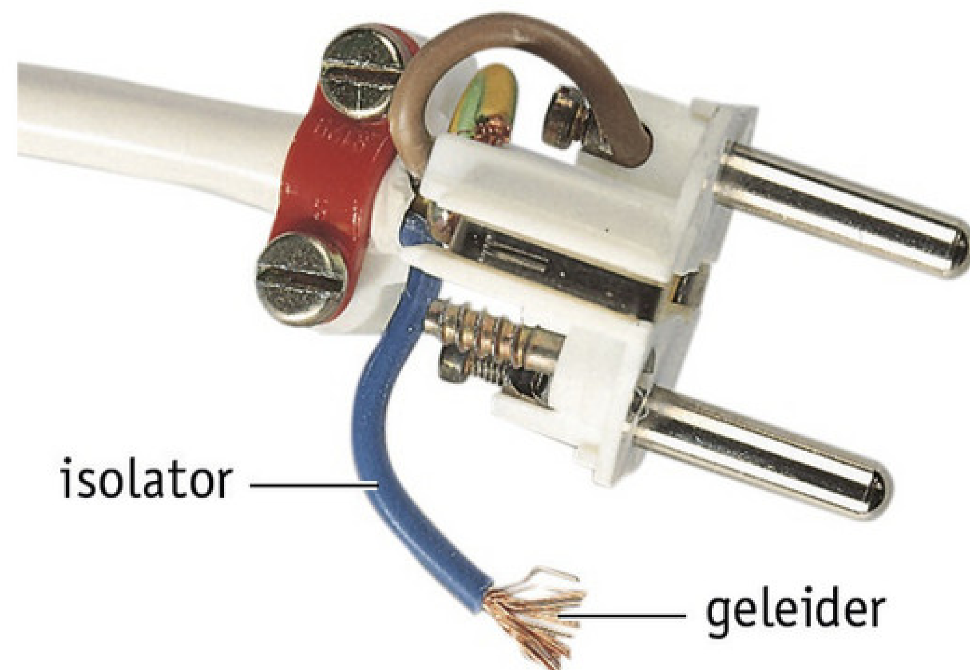
De woorden 'stroom' en 'stroomkring' maken duidelijk dat er 'iets' door de snoeren en het lampje heen beweegt. Natuurkundigen hebben dat 'iets' de naam **lading** gegeven. Een elektrische stroom bestaat uit bewegende lading. Als je een stroomkring onderbreekt, valt die beweging stil. De lading is er nog wel, maar die kan niet meer door de stroomkring heen bewegen.

Je kunt het bewegen van lading vergelijken met het stromen van lucht. In beide gevallen is de beweging zelf niet te zien. Wat je wel kunt zien, is het effect van die beweging. Als je de stroomkring sluit, zie je het lampje aangaan. Als het buiten waait, zie je de windmolens draaien.

ISOLERENDE EN GELEIDENDE STOFFEN

PROEF 1

Er zijn verschillende manieren om de onderdelen van een stroomkring met elkaar te verbinden. Bij proeven met elektriciteit gebruik je daar snoeren voor. De elektrische stroom loopt door de koperdraad die binnen in zo'n snoer zit. De buitenkant van het snoer is van plastic. Daar loopt geen elektrische stroom doorheen (figuur 2).



figuur 2 Een stekker en een elektriciteitssnoer bestaan uit geleiders en isolatoren.

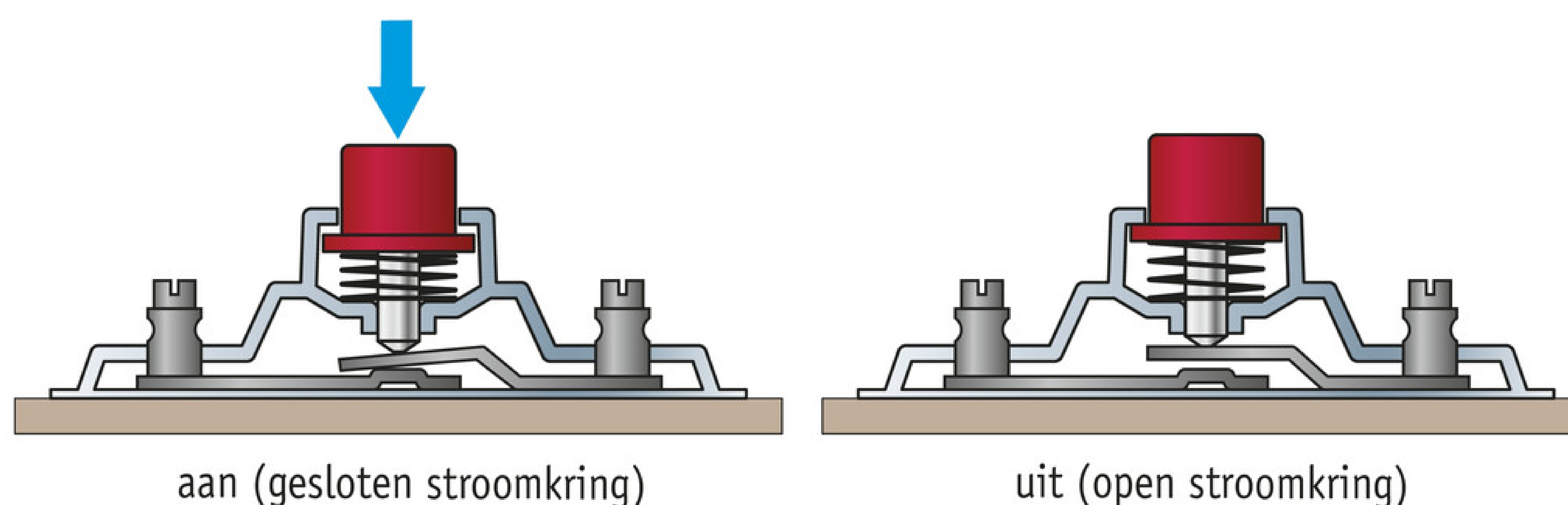
Stoffen waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen, heten **geleiders**. Alle metalen zijn geleiders, maar het ene metaal geleidt beter dan het andere. Koper en aluminium geleiden bijvoorbeeld beter dan ijzer en lood. Koolstof is geen metaal, maar in sommige gevallen is koolstof toch een geleider.

Stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten, noem je **isolatoren**. Voorbeelden zijn rubber, glas en de meeste soorten plastic. Als een vaste stof geen metaal is, gaat het bijna altijd om een isolator. Ook lucht is een goede isolator.

In een gesloten stroomkring loopt de stroom door de geleidende delen van snoeren, lampjes of apparaten. Met een **schakelaar** kun je de stroom in- en uitschakelen (figuur 3). Als je de stroom inschakelt, komen twee geleidende delen in de schakelaar met elkaar in contact. De stroomkring wordt zo gesloten.

Als je met de schakelaar de stroom uitschakelt, is er geen geleidende verbinding meer. De stroomkring is dan open en de elektriciteit kan niet meer naar de lamp stromen. Bij een open stroomkring kan de lamp dus niet branden.

figuur 3 Een drukschakelaar.



DE STROOM METEN

PROEF 2

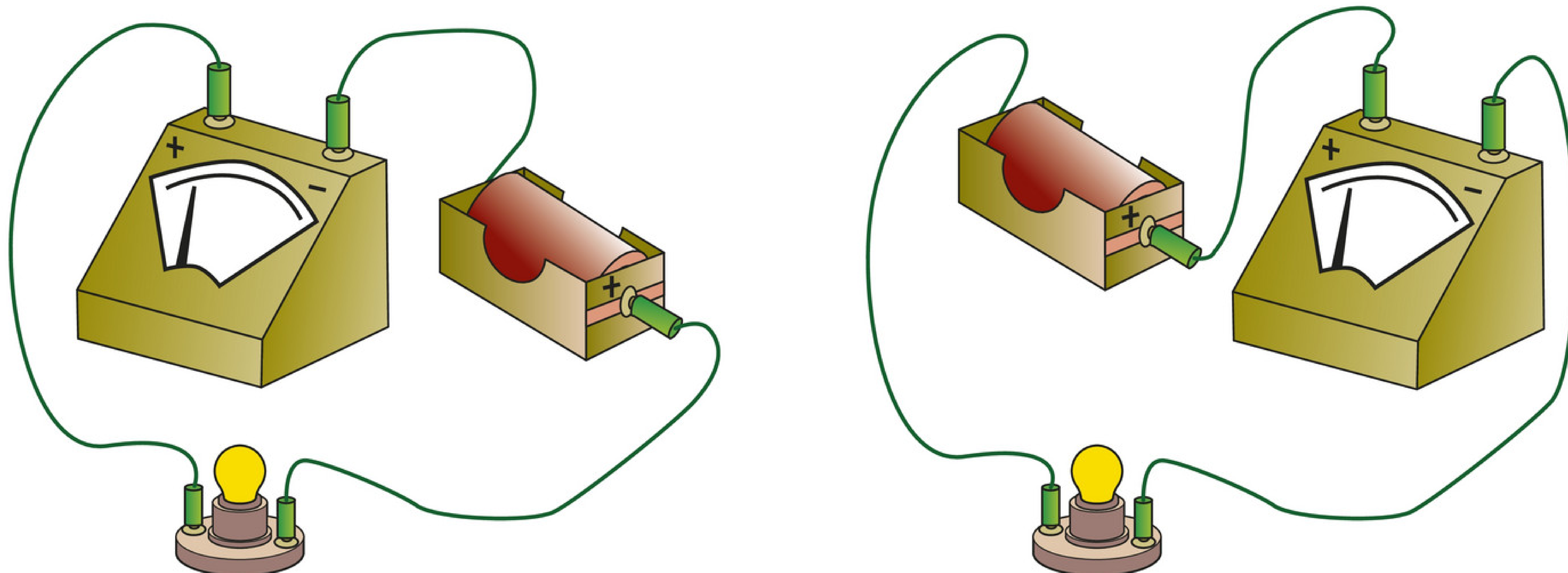
Met een **stroommeter** kun je meten hoe 'sterk' de elektrische stroom door een stroomkring is. Je meet dan op een bepaald punt in de stroomkring hoeveel lading er in één seconde voorbijkomt. Dat noem je de **stroomsterkte**. Hoe meer lading er per seconde voorbijkomt, des te groter is de stroomsterkte.

Je kunt de stroomsterkte vergelijken met de hoeveelheid lucht die per seconde uit een opgeblazen ballon loopt. Als je het ventiel (het tuitje) van de ballon een eindje opent, stroomt de lucht naar buiten. Hoe groter de 'stroomsterkte', des te eerder is de ballon leeg.

De eenheid van elektrische stroomsterkte is de ampère (A). Een stroommeter wordt daarom ook wel een ampèremeter genoemd. Als de stroomsterkte klein is, meet je de stroom vaak in milliampère (mA). Je kunt zeggen dat er 0,250 A door een lampje loopt of 250 mA. Dat komt op hetzelfde neer.

Het maakt niet uit waar je een stroommeter in de stroomkring opneemt: links of rechts van het lampje. Aan de ene kant gaat er evenveel lading het lampje in als er aan de andere kant weer uitkomt. De stroomsterkte is op elke plaats in de stroomkring even groot (figuur 4).

figuur 4 Twee manieren om de stroomsterkte te meten.



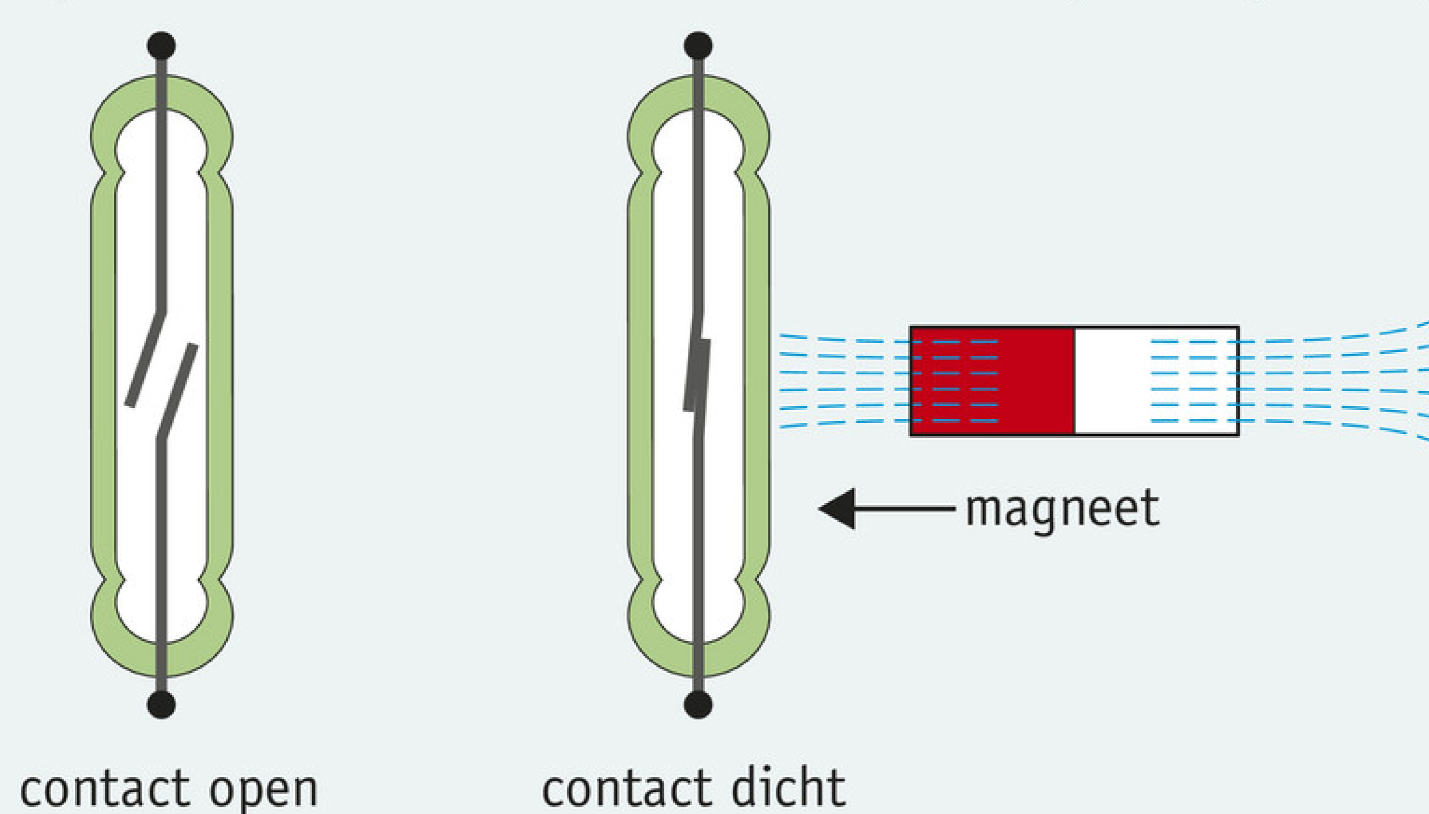

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA REEDCONTACT

Een schakelaar gebruik je om de stroom in en uit te schakelen. Er zijn verschillende soorten schakelaars die je met de hand kunt bedienen, zoals een druk- of een wipschakelaar. Er bestaan ook schakelaars die de stroomkring op een andere manier sluiten of onderbreken.

In figuur 5 zie je een reedcontact. Een reedcontact is een glazen buisje met daarin twee metalen strips. Als er een magneet bij het reedcontact wordt gehouden, maken de uiteinden van de strips contact.

figuur 5 Het reedcontact sluit als er een magneet bij wordt gehouden.



Het reedcontact kun je gebruiken in een schakeling die werkt als een inbraakalarm (figuur 6). Het reedcontact zit in de schakeling op het kozijn, het magneetje op het raam. Als het raam gesloten is, loopt er stroom door het contact. Als het raam geopend wordt, opent de schakelaar omdat de magneet weggaat. Het reedcontact laat dan geen stroom meer door. Dit is een signaal waarop de schakeling reageert: sla alarm!

Er zijn ook uitvoeringen waarbij de schakelaar juist opent als er een magneetje in de buurt is. Als je de beschermende hoes van een e-reader open- of dichtklapt, schakelt je e-reader automatisch aan of uit. Vaak zit het reedcontact in een hoekpunt van de e-reader en zit het magneetje in de hoes. Zo schakelt de e-reader op een slimme manier aan en uit, en verleng je de levensduur van de batterij in het apparaat.



figuur 6 Een automatisch inbraakalarm.

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat moet je doen om een klein lampje te laten branden op een batterij?
b Welke groep stoffen bestaat volledig uit goede geleiders van elektriciteit?
c Hoe noem je stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten?
d Yasmine heeft een stroomkring gemaakt waarin ze een lampje in en uit kan schakelen. Noteer de drie onderdelen (naast het lampje) die Yasmine zeker in de schakeling heeft moeten opnemen.

2 Vul in.

a Een elektrische stroom bestaat uit .... die door .... materialen beweegt.
b Met een .... kun je meten hoe groot de stroomsterkte in een stroomkring is.
c De sterkte van de elektrische stroom wordt gemeten in ...., afgekort met de letter ....

3 Welke van deze stoffen zijn geleiders?
glas – ijzer – koper – lucht – plastic – rubber

4 Leg uit hoe het spelletje van figuur 7 werkt.
Gebruik in je uitleg de woorden ‘open stroomkring’ en ‘gesloten stroomkring’.



figuur 7 Als je hand trilt, gaat de bel rinkelen.

5 In figuur 8 zie je drie foto's van een stroommeter. Bekijk in elke foto goed voor welk meetbereik gekozen is (dit zie je aan het rode snoer).
Lees de stroomsterktes af die de meters aangeven en schrijf ze op.
Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter*.

stroommeter a: .... A

stroommeter b: .... A

stroommeter c: .... A

figuur 8 Welke stroomsterkte geven de drie stroommeters aan?



stroommeter a



stroommeter b



stroommeter c

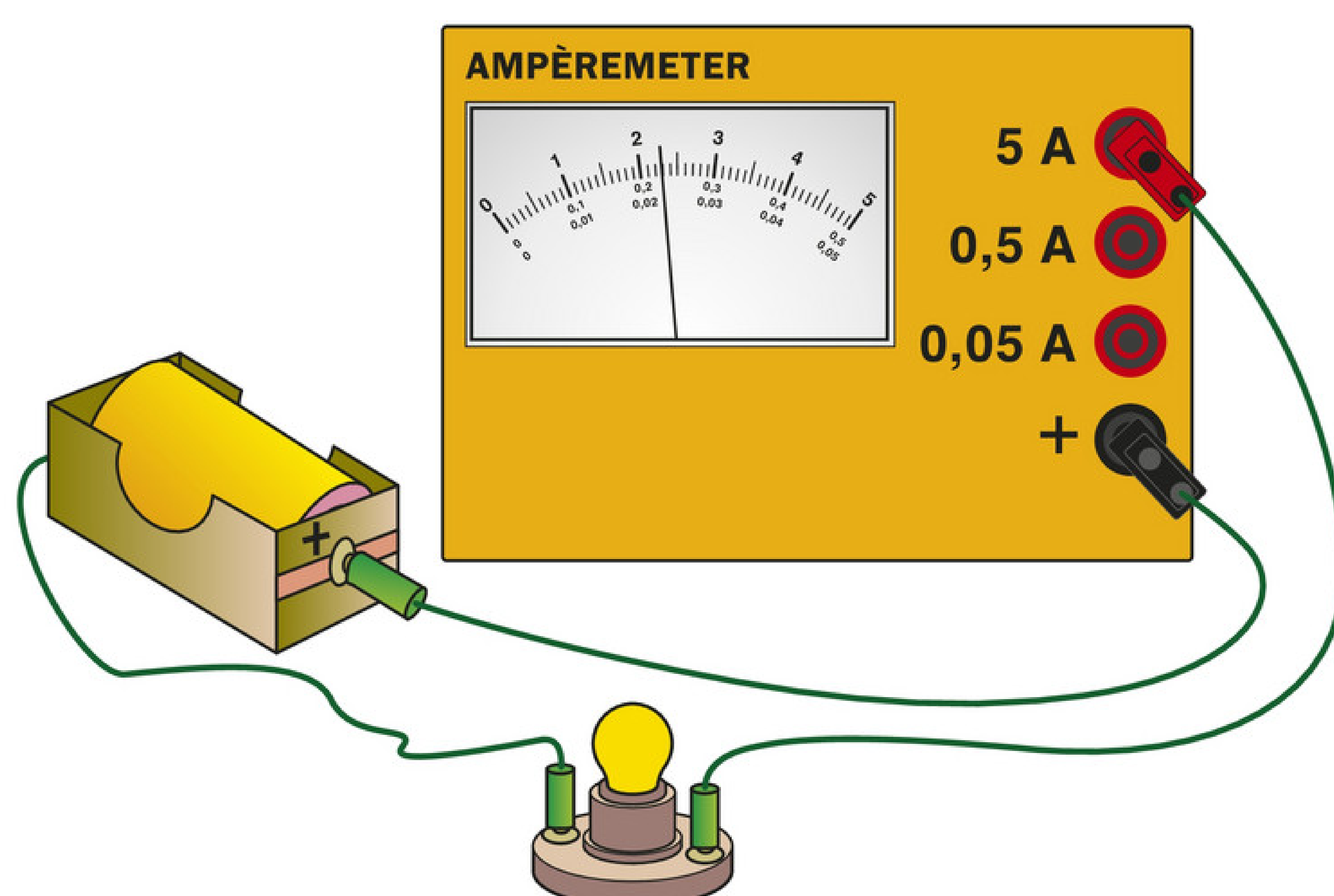

Meer oefening nodig met het aflezen van stroommeters?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 1 Een stroomkring maken.

6 Romi meet de stroomsterkte tussen de pluspool van een batterij en een lampje (figuur 9).

a Hoe groot is de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft? .... A

b Daarna meet Romi de stroomsterkte tussen het lampje en de minpool van de batterij. Wat kun je zeggen over de stroomsterkte die ze dan meet?

○ A Die is groter dan ze bij opdracht 6a heeft gemeten.
○ B Die is even groot als ze bij opdracht 6a heeft gemeten.
○ C Die is kleiner dan ze bij opdracht 6a heeft gemeten.



figuur 9 De opstelling van Romi.

7 Bereken.

a 37 mA = ... A

b 452 mA = ... A

c 0,250 A = ... mA

d 0,032 A = ... mA

e 3 mA = ... A

f 950 mA = ... A



Meer oefening nodig met het omrekenen tussen ampère en milliampère?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 3 Schakelingen.

8 Als je een lichtschakelaar op UIT zet, wordt de stroomkring onderbroken. Tussen de geleidende delen van de schakelaar zit dan lucht.
Leg uit hoe je hieruit kunt concluderen of lucht een geleider of een isolator is.

9 Lars wil uitzoeken of kraanwater elektriciteit geleidt.
Leg uit hoe hij dat met een proefje kan onderzoeken. Maak een tekening van de proefopstelling.

10

Op een website vindt Floor een artikel over hoe je zelf een eenvoudige deurbeveiliging kunt maken. Zie figuur 10 voor de handleiding.
Leg uit hoe de schakeling werkt.

HOUD DE DIEF MAAK JE EIGEN INBRAAKALARM

Rekenmachine gejat? Agenda kwijt? En je krijgt de dief maar niet te pakken? Dan wordt het hoog tijd voor actie!

1 Neem een zoemer en maak de uiteinden van de draad vrij van isolatie.

2 Wind om de twee kanten van een wasknijper niet-geisoleerd elektriciteitsdraad.

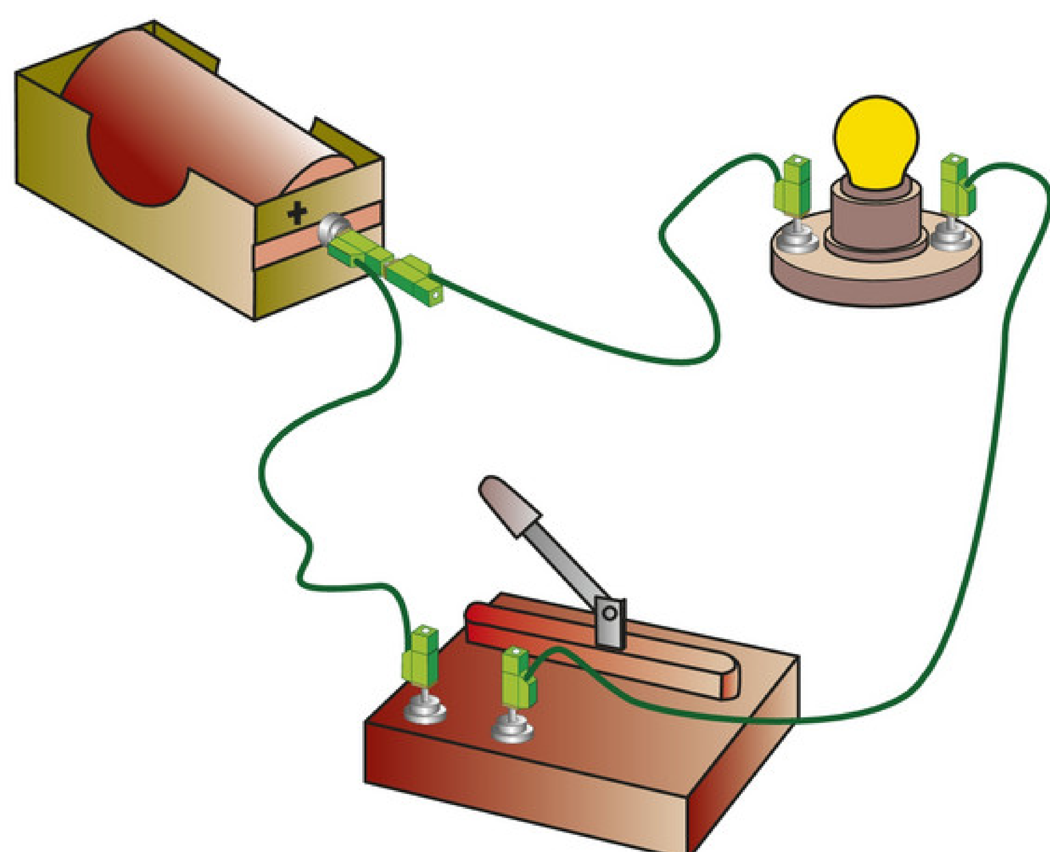
3 Maak hiermee de schakeling en stop een stuk karton tussen de kanten van de wasknijper. Maak het karton met touw vast aan de deur.

↑naar de deur

figuur 10 Een inbraakalarm om zelf te maken.

★ 11

In figuur 11 zie je een schakeling met een lampje, een batterij en een schakelaar. Alle metalen onderdelen van de stroomkring staan met elkaar in verbinding.
Leg uit hoe het komt dat het lampje niet brandt.



figuur 11 Waarom brandt het lampje niet?

★ 12

Meryem bouwt een stroomkring waarin twee lampjes en een batterij zitten. Als zij een van de twee lampjes losdraait, gaat het andere lampje ook uit.

a Teken de stroomkring van Meryem.
b Leg uit hoe het komt dat beide lampjes uitgaan.
c Ze wil met een stroommeter de stroomsterkte door de lampjes meten. Geef met pijlen in je tekening aan op welke plekken ze de stroommeter kan inbouwen.

★ 13

Als je in een schakeling de minpool direct verbindt met de pluspool, zonder dat je er een elektrisch apparaat of een lampje op aansluit, krijg je kortsluiting.

a Meestal brandt een lampje in een stroomkring als de schakelaar gesloten is. Teken een schakeling van een batterij, een schakelaar en een lampje, waarbij het lampje brandt als de schakelaar open is.
b Wat gebeurt er bij deze schakeling als je de schakelaar sluit?



Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA REEDCONTACT

14 Vul in.

a Een reedcontact reageert als je er een .... bij houdt.

b In een eenvoudig inbraakalarm opent de schakelaar van het reedcontact, omdat de magneet weggaat. Het reedcontact laat dan geen .... meer door.

15 Beyza zegt: “De contactstrips van het reedcontact zijn waarschijnlijk van puur koper gemaakt, want dit geleidt de stroom heel goed.”
Leg uit of je het met Beyza eens bent.

16 Een fietscomputer maakt gebruik van een reedcontact. Op een spaak van het wiel zit een magneetje; het reedcontact zit op het frame. Als de magneet voorbij het reedcontact beweegt, wordt er een pulsje naar de fietscomputer gestuurd. Op de fietscomputer kun je onder andere aflezen welke afstand je hebt afgelegd.

a Leg uit welk gegeven de fietscomputer nog meer nodig heeft om de afgelegde afstand te berekenen.

b De buitendiameter van het fietswiel is 71 cm. De fietscomputer telt tijdens een ritje 1200 pulsjes.
Bereken de afstand die tijdens de tocht is afgelegd.

2 Spanningsbronnen

LEERDOELEN

4.2.1 Je kunt een aantal spanningsbronnen noemen.
4.2.2 Je kunt uitleggen wat spanning is.
4.2.3 Je kunt beschrijven hoe je spanning meet.
4.2.4 Je kunt uitleggen wat stroomsterkte is.
4.2.5 Je kunt de spanning berekenen als je batterijen in serie schakelt.
4.2.6 Je kunt van enkele veel voorkomende spanningsbronnen aangeven of deze veilig of onveilig zijn.
4.2.7 Je kunt beschrijven wat je nodig hebt om apparaten die op een lagere spanning werken op een stopcontact te kunnen aansluiten.
4.2.8 Je kunt uitleggen waarom batterijen en herbruikbare batterijen chemische spanningsbronnen worden genoemd en wat hun invloed is op het milieu.
EXTRA 4.2.9 Je kunt de werking van batterijen beschrijven aan de hand van elektroden en een elektrolyt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN									
	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5	4.2.6	4.2.7	4.2.8	4.2.9	4.1.1*	4.1.2*
Onthouden	1a, 3c	2b, 3b	2a, 3a		1b, 7b	1c, 3d	1d		12, 14a		
Begrijpen			5		8c		9c	10	13	8ab, 9b	9a
Toepassen					6abc, 7abcd, 8d, 9d				14b		
Analyseren		11ab		11c					14cd	9e	

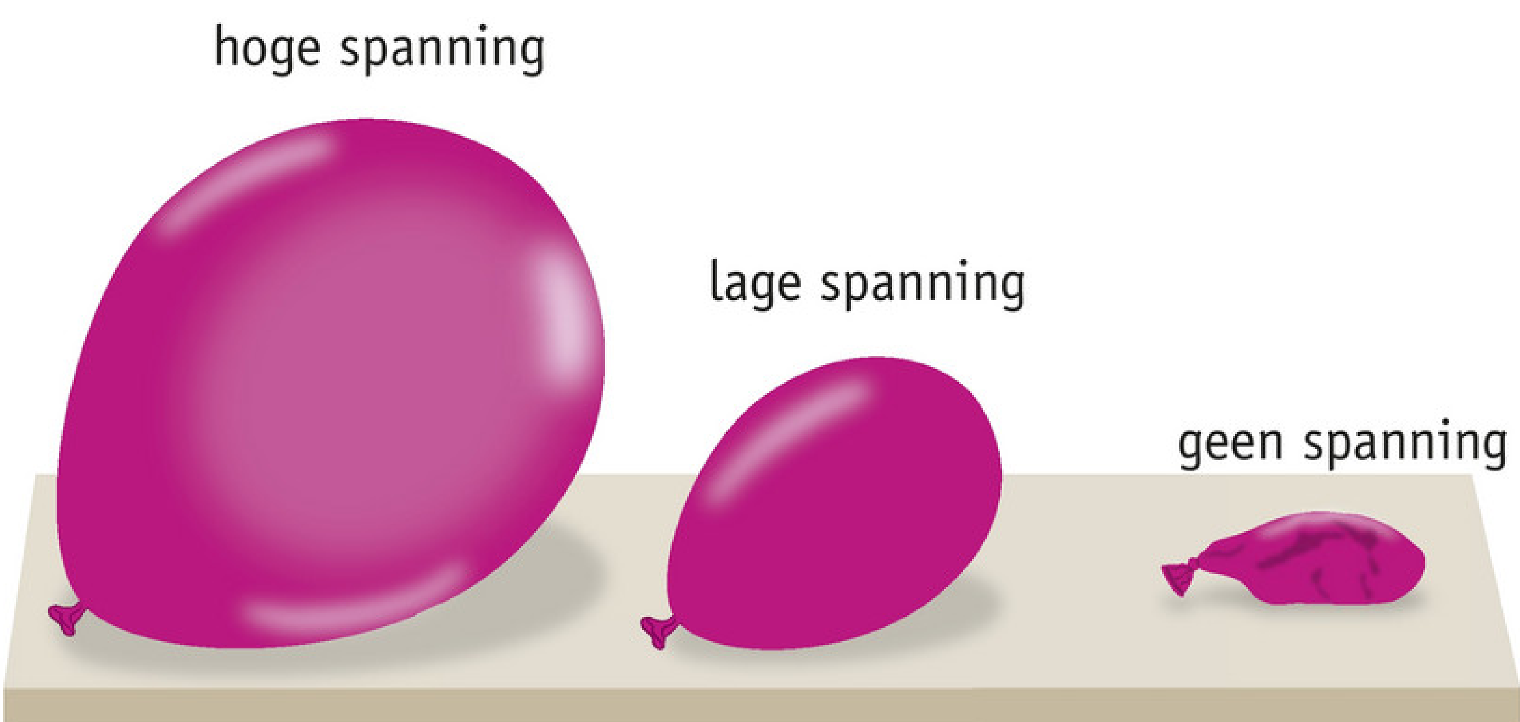
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Om een stroomkring te maken, heb je een spanningsbron nodig. Veelgebruikte spanningsbronnen zijn batterijen, accu's en dynamo's. De panelen met zonnecellen die je vaak op daken ziet, zijn ook spanningsbronnen.

SPANNING

Op een batterij of accu staat altijd vermeld welke **spanning** die levert. Bijvoorbeeld 1,5 volt, 9 volt of 12 volt. Je kunt de vermelde spanning controleren met een **spanningsmeter**. Daarvoor moet je de spanningsmeter verbinden met de pluspool en de minpool van de batterij. Omdat de spanning wordt gemeten in volt (V), wordt een spanningsmeter ook wel een voltmeter genoemd.

Maar wat is spanning eigenlijk? Je kunt een elektrische spanning vergelijken met de spanning van een opgeblazen ballon. Als je een ballon ver opblaast, krijgt hij een hoge spanning. Dat voel je als je op de ballon duwt: het rubber staat strak gespannen. Als je een ballon maar halfvol blaast, is de spanning veel lager. Het rubber geeft dan gemakkelijk mee (figuur 1).

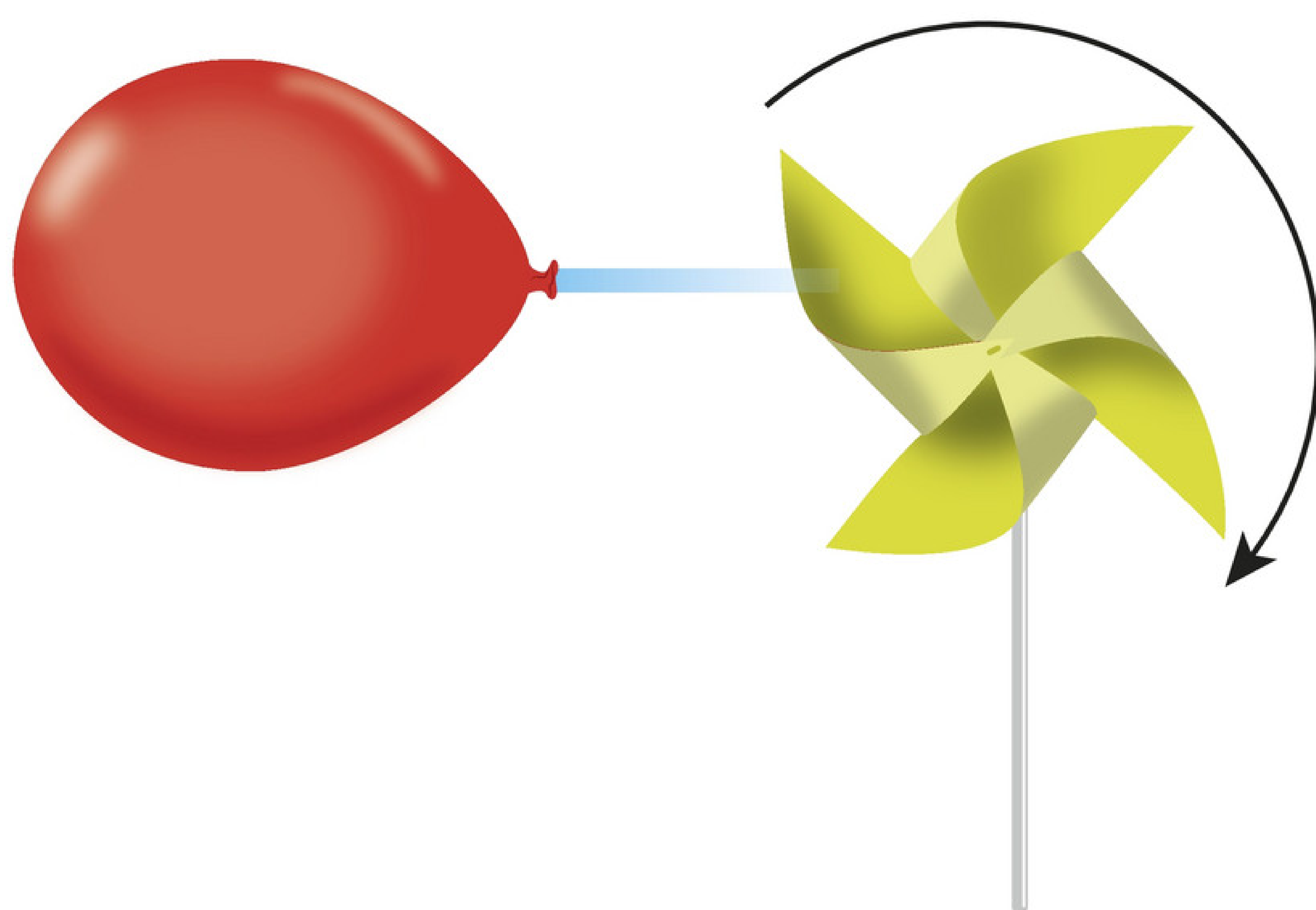


figuur 1 Hoe meer lucht er in de ballon zit, des te groter is de spanning.

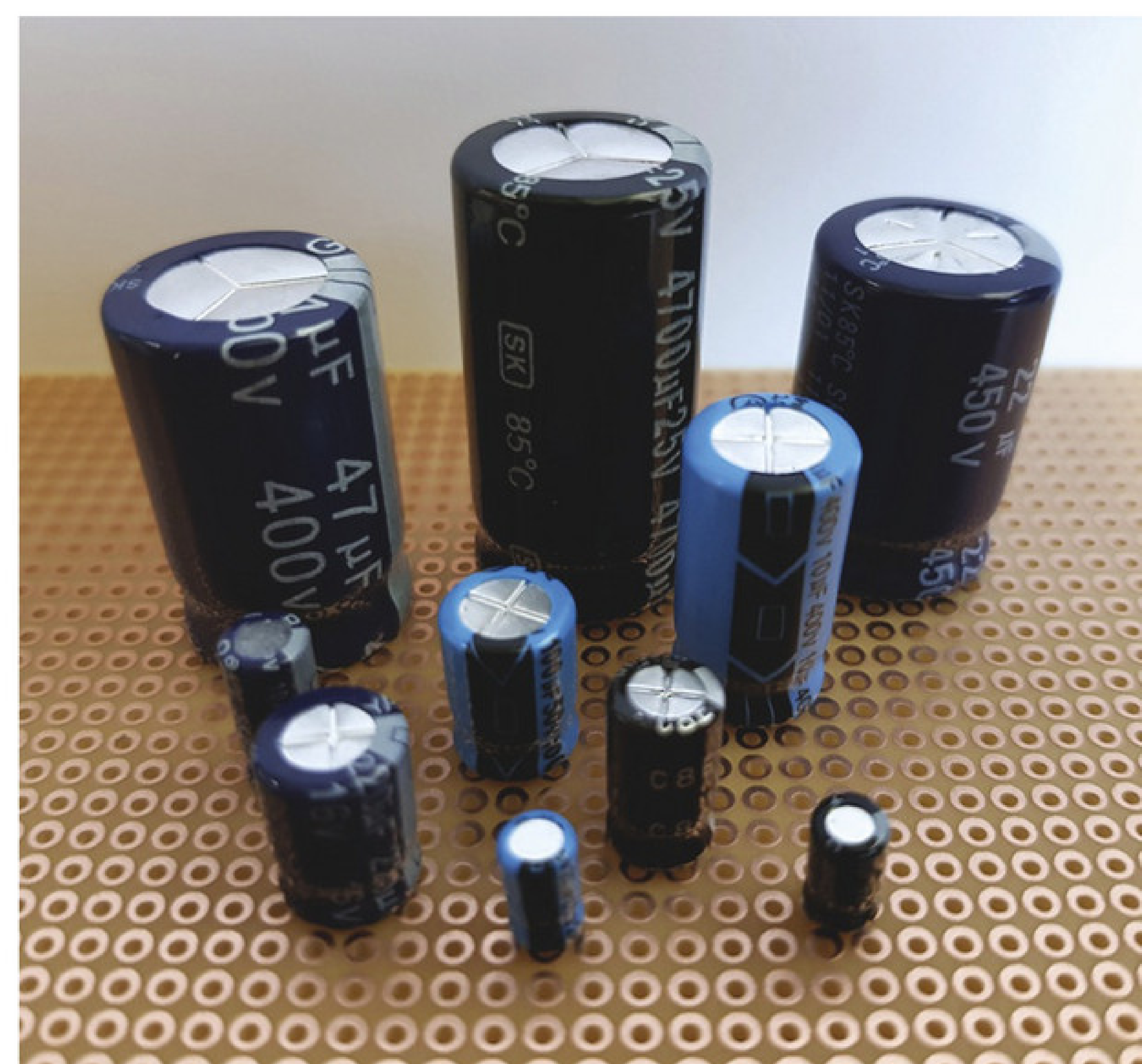
Als je het ventiel (het tuitje) van een ballon een eindje opent, begint er lucht uit de ballon te stromen. Hierdoor daalt de spanning van de ballon. De stroomsterkte (de hoeveelheid lucht die per seconde uit de ballon stroomt) wordt ook kleiner. Een tijdje later is de spanning helemaal weg en stroomt er geen lucht meer uit de ballon.

SPANNING EN ENERGIE

Je kunt de energie in stromende lucht gebruiken om een windmolen te laten draaien (figuur 2). Er wordt dan energie overgebracht van de lucht op de wieken. Een ballon met hoge spanning geeft aan de uitstromende lucht meer energie mee dan een ballon met lage spanning als je het tuitje even ver openhoudt. Je ziet: hoe hoger de spanning, hoe meer energie er wordt overgebracht op de wieken van de windmolen.



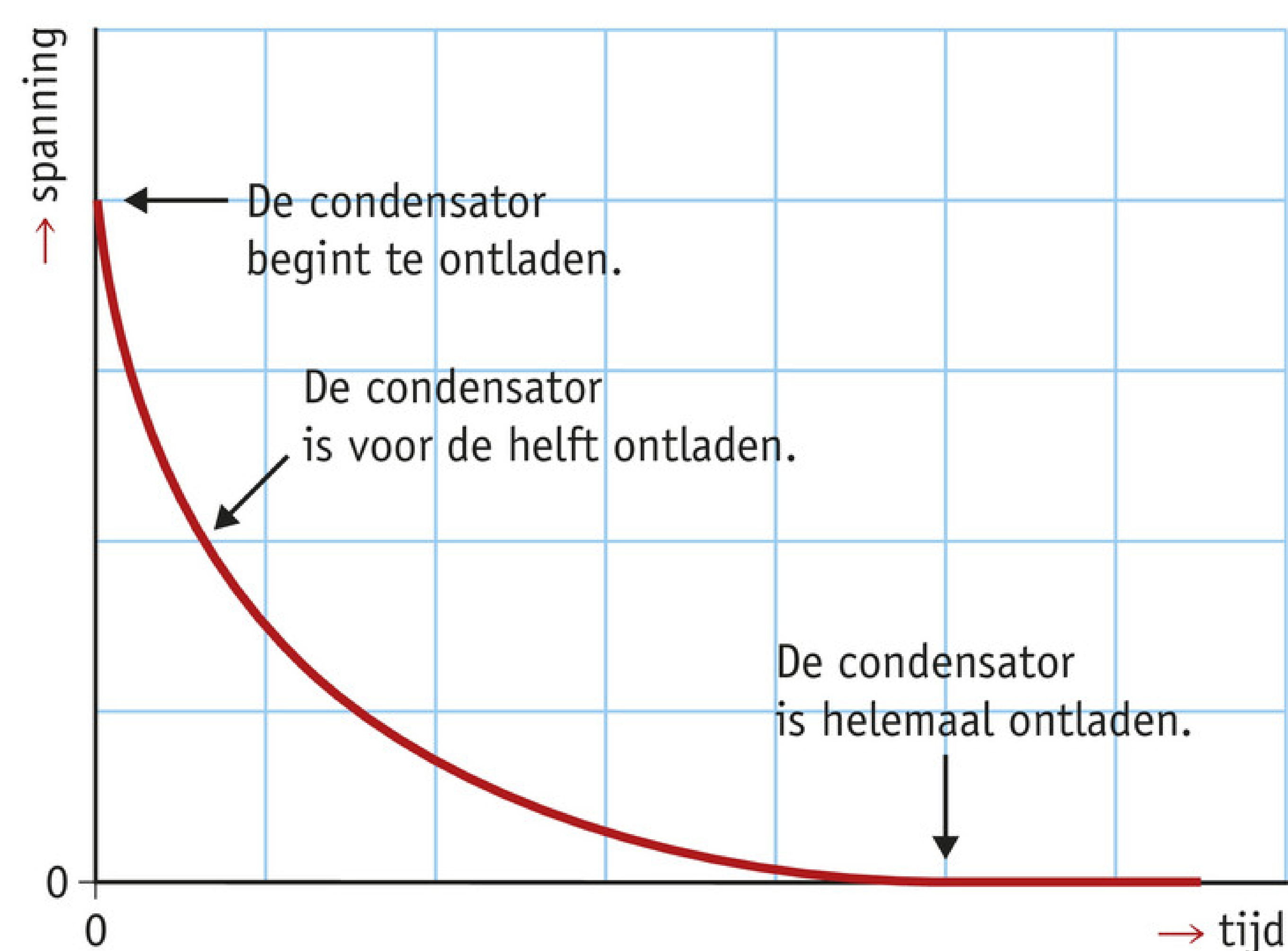
figuur 2 Een luchtstroom kan energie overbrengen.



figuur 3 Condensatoren zijn er in vele maten.

Bij batterijen werkt het net zo: de spanning op een batterij geeft aan hoeveel energie er aan de stromende lading wordt meegegeven. Een batterij van 3,0 V geeft aan dezelfde hoeveelheid lading twee keer zoveel energie mee als een batterij van 1,5 V. Deze energie wordt in een gesloten stroomkring overgebracht op bijvoorbeeld een lampje.

Er bestaat een elektrisch onderdeel dat zich net zo gedraagt als een ballon: een condensator (figuur 3). Je kunt een condensator opladen door er lading in op te slaan. De spanning loopt dan op tot er geen lading meer bij kan. Als je de lading daarna weg laat lopen, daalt de spanning weer. Eerst snel, daarna steeds langzamer (figuur 4).



figuur 4 Zo ontlaadt een condensator.

Condensatoren worden veel gebruikt in elektronica om onderdelen te beschermen tegen snelle spanningsveranderingen. Maar ze zijn niet geschikt om er apparaten op te laten werken. Dat komt doordat een condensator geen constante spanning levert. Als je een lampje aansluit op een condensator, geeft het steeds minder licht en gaat al snel uit. Dat is niet wat je wilt.

CHEMISCHE SPANNINGSBRONNEN

Batterijen en accu's leveren wel een constante spanning (figuur 5). Daarom worden ze **spanningsbronnen** genoemd. Als je een batterij gebruikt, stroomt er steeds lading uit de batterij de stroomkring in. Toch verandert de spanning daardoor niet. Dat komt doordat er in een batterij voortdurend nieuwe lading vrijkomt. Dat zorgt ervoor dat de spanning op peil blijft.



figuur 5 Enkele soorten batterijen en accu's; elk type spanningsbron heeft zijn eigen spanning.

De lading die uit een batterij stroomt, ontstaat door chemische reacties binnenin de batterij. Batterijen (en accu's) noem je daarom **chemische spanningsbronnen**. Bij de reacties worden stoffen uit de batterij verbruikt en ontstaan nieuwe stoffen. Als de beginstoffen bijna op zijn, kunnen ze niet meer genoeg lading produceren om de spanning helemaal op peil te houden. Je zegt dan dat de batterij bijna leeg is.

Gewone batterijen kun je maar één keer gebruiken. Die gooi je weg na gebruik. Er zijn ook **herbruikbare batterijen**. Die kun je opladen door de stroom er in omgekeerde richting doorheen te laten lopen. Dat zorgt ervoor dat de stoffen die eerder in de batterij ontstonden, weer verdwijnen. Daarvoor in de plaats krijg je de beginstoffen terug, die je opnieuw kunt gebruiken. Bij gewone batterijen zijn de veranderingen niet om te keren.

BATTERIJEN SCHAKELEN

Vaak heb je meer dan één batterij nodig om aan de juiste spanning te komen. Voor de afstandsbediening in figuur 6 heb je bijvoorbeeld twee staafbatterijen van 1,5 V nodig. Je moet die batterijen in serie schakelen. Dat wil zeggen dat je de pluspool van de ene batterij verbindt met de minpool van de andere batterij. Ze geven dan samen een spanning van 3,0 V.



figuur 6 In deze afstandsbediening gaan twee batterijen van 1,5 V.

Als je vier batterijen van 1,5 V in serie schakelt, geven ze samen een spanning van 6,0 V. In zijn algemeenheid geldt:

> Als je batterijen in serie schakelt, mag je hun spanningen bij elkaar optellen.

Als je een van de vier batterijen per ongeluk verkeerd om legt, werkt hij tegen de andere batterijen in. De totale spanning wordt dan 1,5 + 1,5 + 1,5 – 1,5 = 3,0 V.

VEILIGE EN ONVEILIGE SPANNINGEN

De **netspanning** is in Nederland 230 V. Dit is de spanning die op de stopcontacten staat. Een spanning van deze grootte levert een duidelijk risico op. Als je een geleider aanraakt waar 230 V op staat, krijg je op zijn minst een onplezierige schok. Onder ongunstige omstandigheden kan zelfs je leven gevaar lopen. Daarom moeten apparaten die op 230 V werken, goed geïsoleerd zijn. Dan kun je geen onderdelen aanraken waar spanning op staat.

De spanning die een batterij levert, is veel lager dan 230 V. Zo'n lage spanning is niet gevaarlijk. Als je de polen van een batterij aanraakt, voel je zelfs helemaal niets! Als veilige grens wordt vaak 24 V genomen. Apparaten die op batterijen werken, blijven daar ruim onder. Je hoeft daarom niet bang te zijn dat een telefoon of een snoerloze boormachine je een schok geeft.

Veel apparaten werken op een lagere spanning dan 230 V. Om ze toch op het stopcontact te kunnen aansluiten, heb je een **transformator** nodig. Dit apparaat zet de netspanning om in een lage spanning. In de adapter waarmee je een telefoon oplaadt, zit een transformator die de netspanning van 230 V omzet in een spanning van 5 V.

BATTERIJEN EN HET MILIEU

Vroeger zat er vaak kwik of cadmium in batterijen. Deze stoffen zijn erg giftig en mogen daarom niet meer in batterijen voorkomen. Toch bevatten batterijen nog steeds stoffen die schadelijk voor het milieu zijn. Daarom horen lege batterijen bij het klein chemisch afval (figuur 7). Dat geldt voor zowel herbruikbare als niet-herbruikbare batterijen.

Herbruikbare batterijen zijn minder slecht voor het milieu dan gewone batterijen, omdat ze veel langer meegaan. Je kunt zo'n batterij honderden keren opnieuw opladen. Dat levert weinig tot geen milieuschade op, zeker als je duurzame elektriciteit gebruikt (bijvoorbeeld uit zonnepanelen). Maar op een gegeven moment komt ook een herbruikbare batterij aan het eind van haar leven.

Afgedankte batterijen bevatten waardevolle stoffen, zoals nikkel, koper en kobalt. Er zijn speciale bedrijven die deze stoffen uit de batterijen halen, zodat ze opnieuw gebruikt kunnen worden. Dat wordt recycling genoemd. Door stoffen te recyclen kun je de afvalberg verminderen en tegelijk het gebruik van grondstoffen terugdringen.



figuur 7 Batterijen horen bij het klein chemisch afval.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

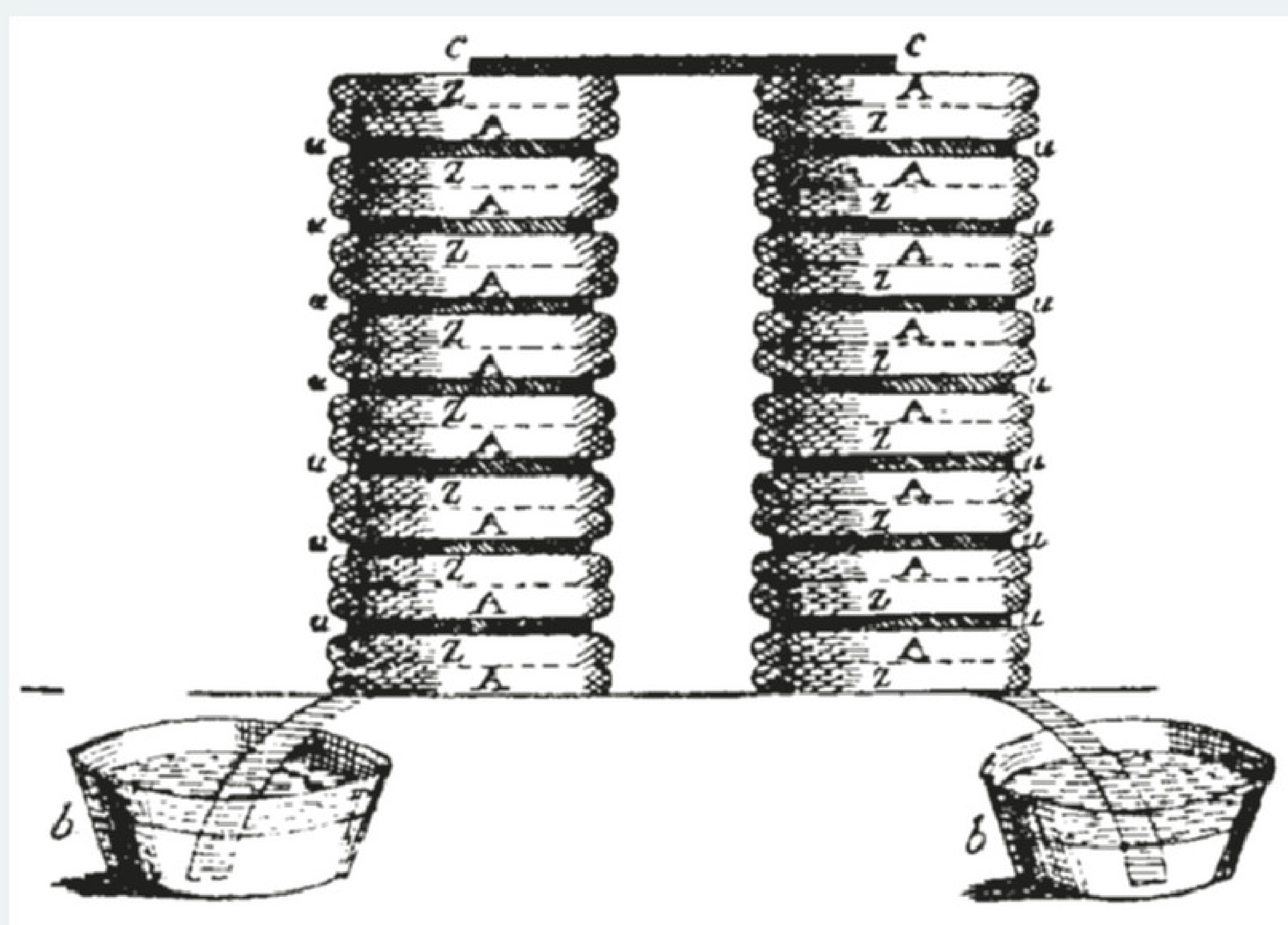
EXTRA DE UITVINDING VAN DE BATTERIJ

Alessandro Volta (figuur 8) is de uitvinder van de batterij. Door onderzoek van zijn landgenoot Luigi Galvani werd hij op het goede spoor gezet. Galvani onderzocht in 1786 met een mesje de spieren van een kikkerpoot. Hij had de poten opgehangen aan een koperen haakje en het viel hem op dat ze samentrokken steeds wanneer hij ze met zijn ijzeren mesje aanraakte. Na veel experimenteren trok hij de conclusie dat er elektriciteit wordt opgewekt als er twee verschillende metalen bij elkaar gebracht worden in een geleidende stof. Bij de kikkerpoot was de geleidende stof het lichaamsvocht.

Volta zag de mogelijkheden van Galvani's ontdekking en ging ermee verder. In 1797 maakte hij bekend dat hij een batterij had gemaakt: 'de zuil van Volta' (figuur 9).



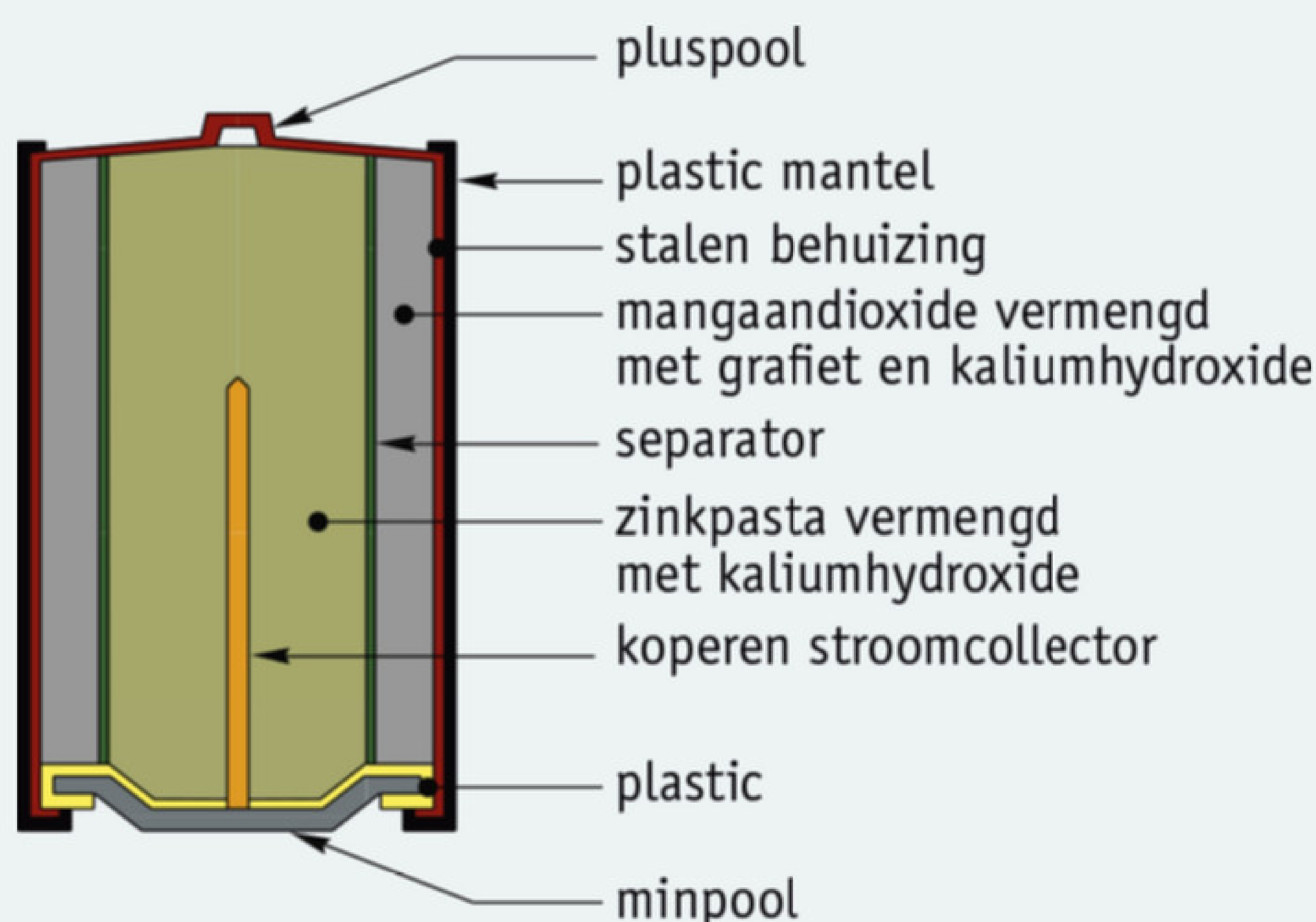
figuur 8 Alessandro Volta.



figuur 9 De zuil van Volta.

De zuil bestond uit op elkaar gestapelde schijfjes zink en zilver. Deze schijfjes werden gescheiden door stukjes vilt gedrenkt in een zuur- of een zoutoplossing. De 'eenheid' zink-vilt-zilver wordt een cel genoemd. Hoe meer cellen een batterij heeft, des te meer spanning deze kan leveren.

Net als de cellen van Volta bestaan de batterijen van nu uit twee verschillende materialen (elektroden) en een zure stof of een zout (de elektrolyt). In figuur 10 zie je als voorbeeld de alkaline-batterij. De materialen van de elektroden zijn mangaan en zink. Beide stoffen zijn vermengd met een elektrolyt (kaliumhydroxide).



figuur 10 Doorsnede van een alkaline-batterij.

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Welke vier soorten spanningsbronnen worden in deze paragraaf genoemd?
b Hoe kun je de spanning uitrekenen van vier in serie geschakelde batterijen?
c Waarom moeten apparaten die op 230 V werken, goed geïsoleerd worden?
d Wat heb je nodig om de netspanning om te zetten in een lagere spanning?

2 Een elektrische stroom bestaat uit lading die door een geleidende stof beweegt.

a Welke grootheid geeft aan hoeveel lading er per seconde in een stroomkring voorbijkomt?

○ A ampère
○ B spanning
○ C stroomsterkte
○ D volt

b Welke grootheid geeft aan hoeveel elektrische energie de lading meekrijgt?

○ A ampère
○ B spanning
○ C stroomsterkte
○ D volt

3 Vul in.

a Met een .... kun je meten hoeveel spanning een spanningsbron levert.

b De grootte van de spanning wordt gemeten in ...., afgekort met de letter ....

c In Nederland is de .... (de spanning die op de stopcontacten staat) 230 V.

d Een bruikbare vuistregel is dat spanningen tot .... V geen risico opleveren.

4 Herbruikbare batterijen zijn duurder dan niet-herbruikbare batterijen.

a Leg uit waarom herbruikbare batterijen toch beter zijn voor je portemonnee.
b Leg uit waarom herbruikbare batterijen ook minder slecht zijn voor het milieu.
c Niet-herbruikbare batterijen zijn slecht voor het milieu, maar herbruikbare batterijen ook. Waarom zijn ook herbruikbare batterijen slecht voor het milieu?
d In sommige wenskaarten zitten muziekjes die je hoort als je de kaart openvouwt. Bij welk soort afval moet je de batterijtjes uit de wenskaart doen?
e Noem drie waardevolle metalen die uit batterijen kunnen worden teruggewonnen.

5 In figuur 11 zie je drie foto's van een spanningsmeter. Bekijk in elke foto goed voor welk meetbereik gekozen is (je ziet dit aan het rode snoer).
Lees de spanningen af die de meters aangeven.


Zie de vaardigheid *Werken met een spanningsmeter*.

spanningsmeter a: V

spanningsmeter b: V

spanningsmeter c: V


Meer oefening nodig met het aflezen van spanningsmeters?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 2 Spanningsbronnen.

figuur 11 Welke spanning geven de drie spanningsmeters aan?



spanningsmeter a



spanningsmeter b



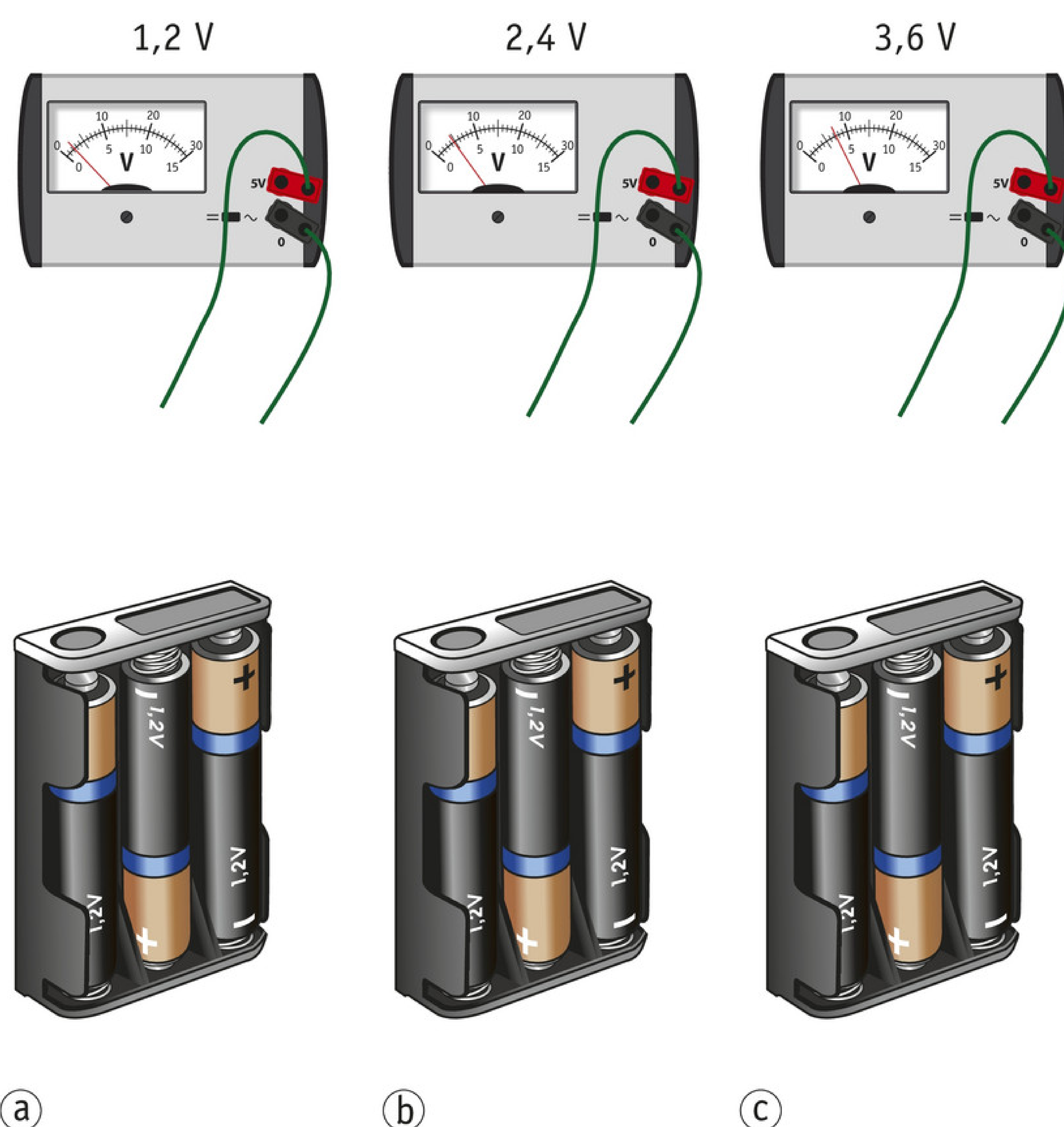
spanningsmeter c

6

In figuur 12 zijn drie spanningsmeters en batterijen afgebeeld. In de batterijhouder zijn de batterijen in serie aangesloten.

a Teken bij a hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 1,2 V te meten.
b Teken bij b hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 2,4 V te meten.
c Teken bij c hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 3,6 V te meten.

figuur 12 Drie verschillende spanningsmeters aansluiten.



7 In figuur 13 worden batterijen van 1,5 V op verschillende manieren gecombineerd.
Welke spanning levert de combinatie van batterijen:

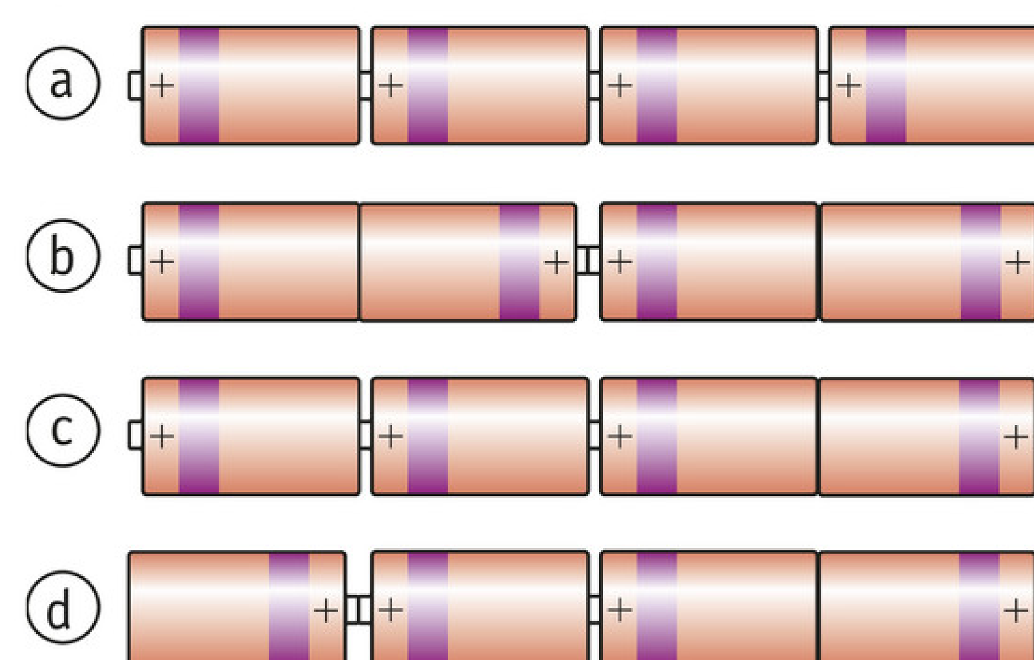
a in figuur a? V

b in figuur b? V

c in figuur c? V

d in figuur d? V

figuur 13 Vier combinaties van batterijen.



8 In figuur 14 zie je een plaatje uit de handleiding van een personenweegschaal. De weegschaal werkt op vier AA-batterijen van 1,5 V.

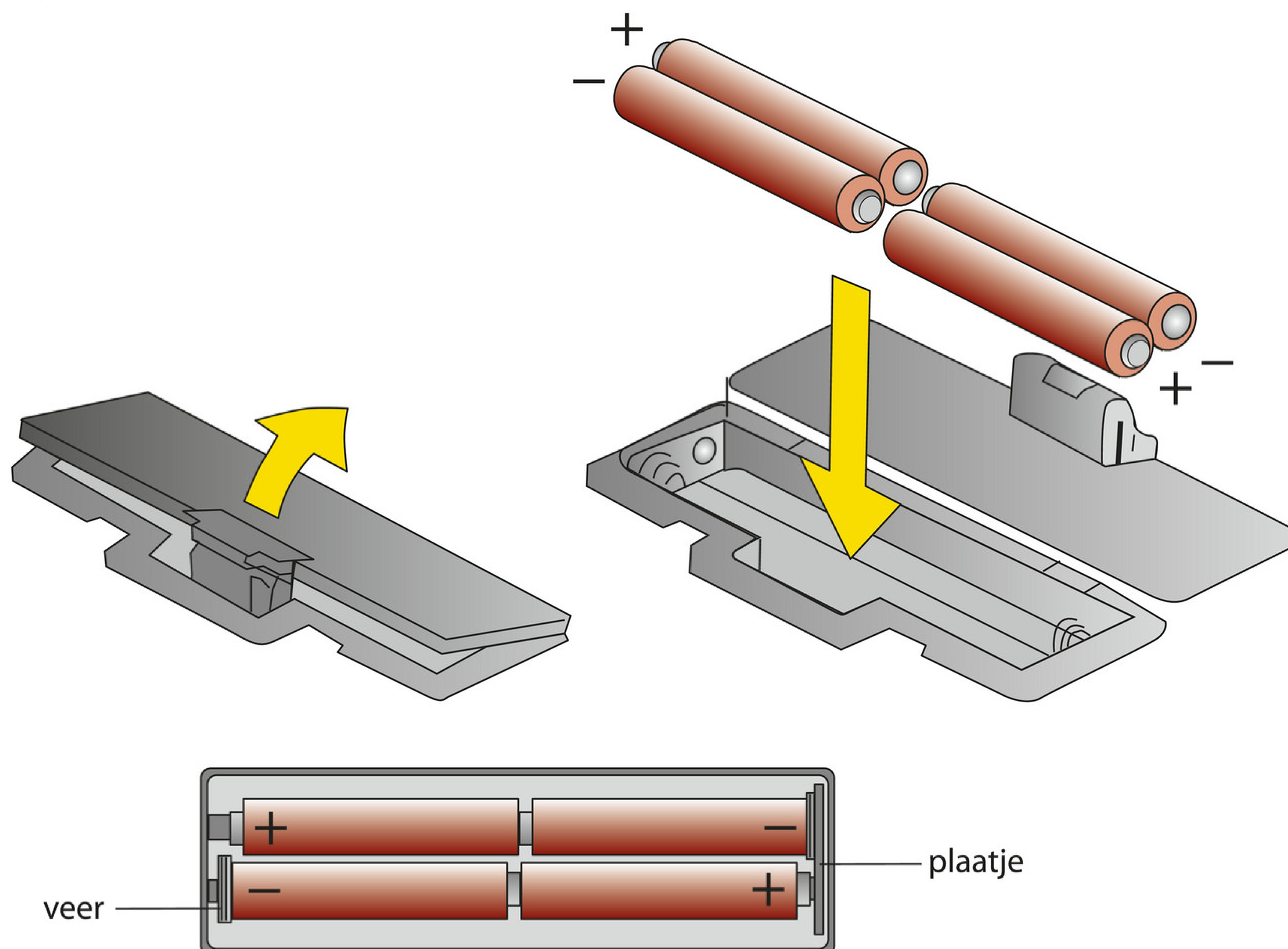
a Waarom is het plaatje aan de rechterkant van de batterijen van een geleidend materiaal gemaakt?

b Is de veer links ook van een geleidend materiaal gemaakt? Licht je antwoord toe.

c Hoe zijn de batterijen geschakeld, als je ze goed aansluit?

d Hoe groot is de spanning die de vier batterijen dan samen leveren?

figuur 14 Zo moeten de batterijen in de weegschaal gedaan worden.



★ 9 Om weilanden af te zetten wordt vaak schrikdraad gebruikt waarop een spanning van 10 000 V staat. In figuur 15 staat een schematische tekening van een schrikdraadinstallatie. Runderen raken vrij snel gewend aan schrikdraad en leren dat ze de draad moeten mijden. Bij paarden duurt het veel langer voor ze aan het schrikdraad gewend zijn.

a Een schrikdraadinstallatie is een voorbeeld van een stroomkring. Benoem de verschillende onderdelen van de stroomkring.

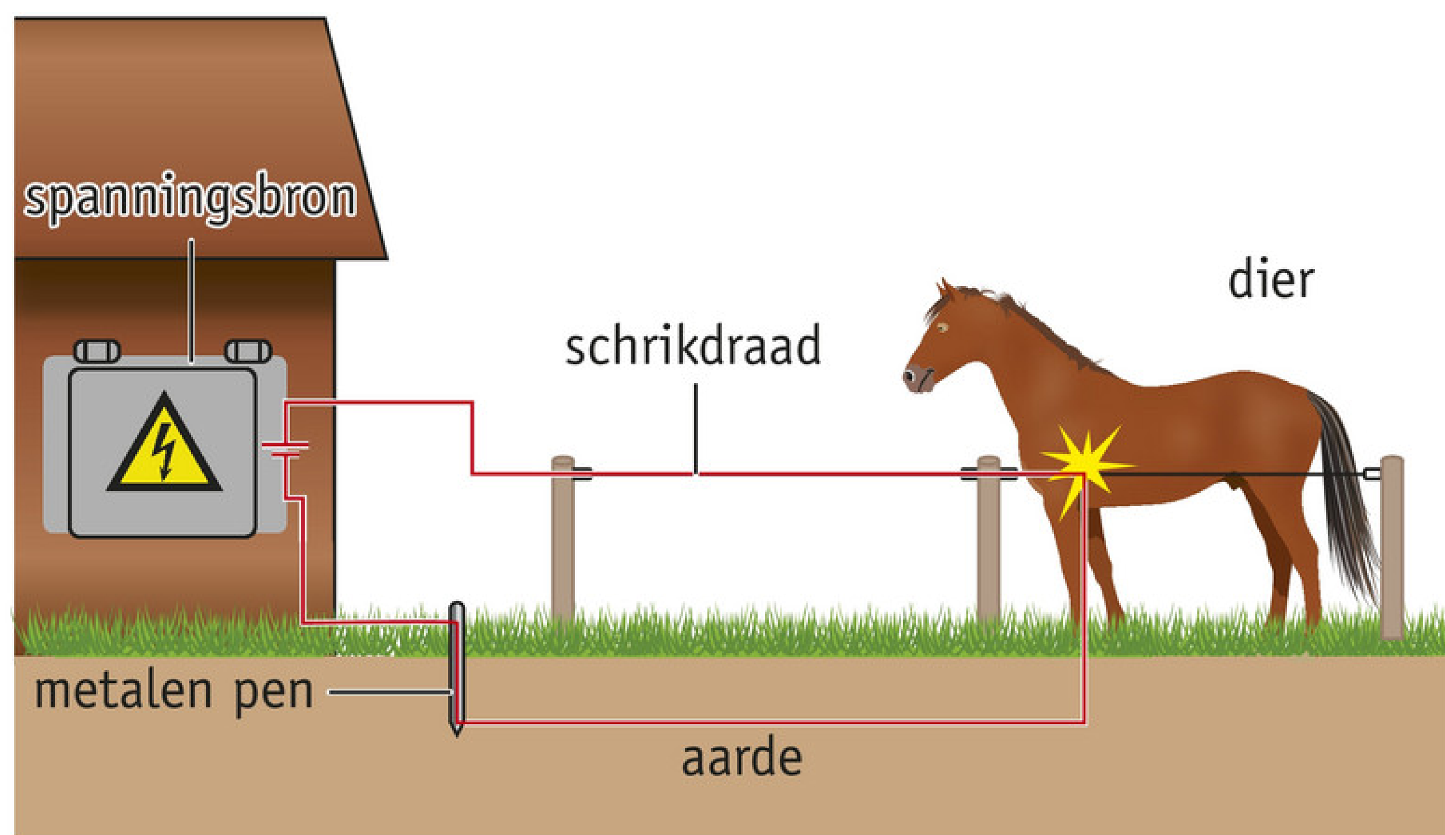
b De spanningsbron zet de schrikdraden met korte pulsen onder spanning.
Wat gebeurt er als een dier het schrikdraad aanraakt?
De stroomkring is dan *open* / *gesloten*. Het dier krijgt daardoor een

....

c In de hoogspanningsbron zit onder andere een accu die een spanning van 12 V levert. Welk ander elektronisch onderdeel zit er, naast de accu, zeker in de hoogspanningsbron?

d In de accu zitten zes gelijke batterijen die in serie zijn geschakeld. Bereken de spanning van één batterij.

e Het is belangrijk dat er geen hoog gras of struiken onder het schrikdraad groeit. Leg uit waarom dit belangrijk is.



figuur 15 Een schrikdraadinstallatie.

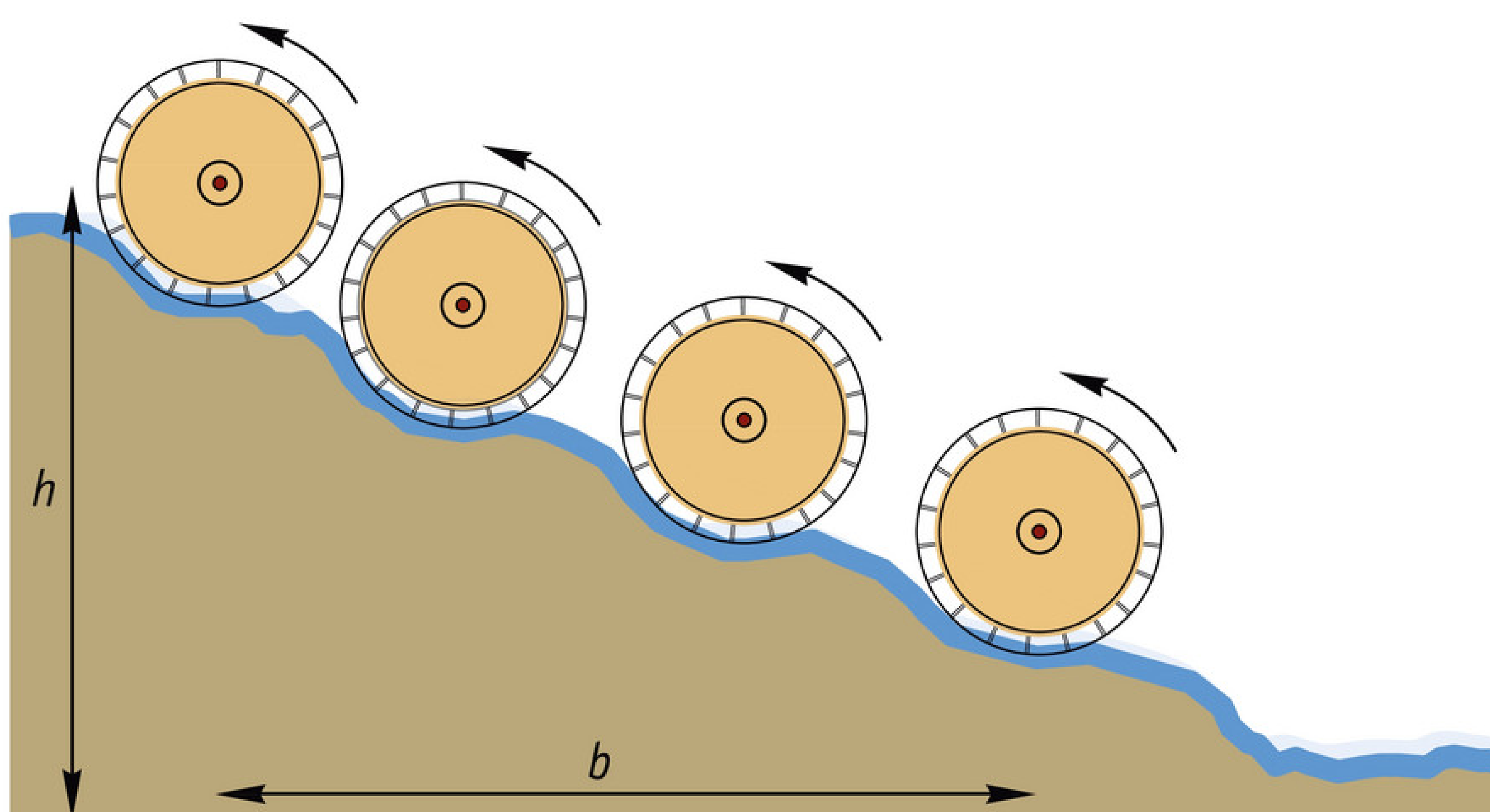
10 Soms zegt iemand: “Deze batterij is leeg.” Maar een lege batterij weegt evenveel als een volle.
Wat wordt er dan bedoeld met ‘vol’ en ‘leeg’ als het over batterijen gaat?

★ 11 Je kunt een elektrische stroom vergelijken met stromend water. Als een riviertje langs een helling naar beneden stroomt, kun je in dat riviertje een waterrad zetten. Dat rad gaat dan draaien en kan bijvoorbeeld een molensteen aandrijven. Je kunt ook meerdere watermolens achter elkaar laten draaien (figuur 16).

a Welke eigenschap van figuur 16 komt overeen met de spanning van de spanningsbron?
- ○ A het aantal raderen
- ○ B de afstand *b*
- ○ C de hoogte *h*

b Hoe wordt uit figuur 16 duidelijk dat een hogere spanning meer energie geeft?

c Waarmee komt de stroomsterkte overeen in deze analogie?



figuur 16 Een stroom van water.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DE UITVINDING VAN DE BATTERIJ

12 Galvani deed experimenten met kikkerpoten.
Wat toonden zijn experimenten aan over de rol van elektriciteit in het lichaam van levende wezens?

13 In figuur 17 zie je drie alkaline-batterijen van 1,5 V en een van 4,5 V.
Leg de volgende uitspraak uit: “Een 4,5 V-batterij bestaat uit drie cellen.”



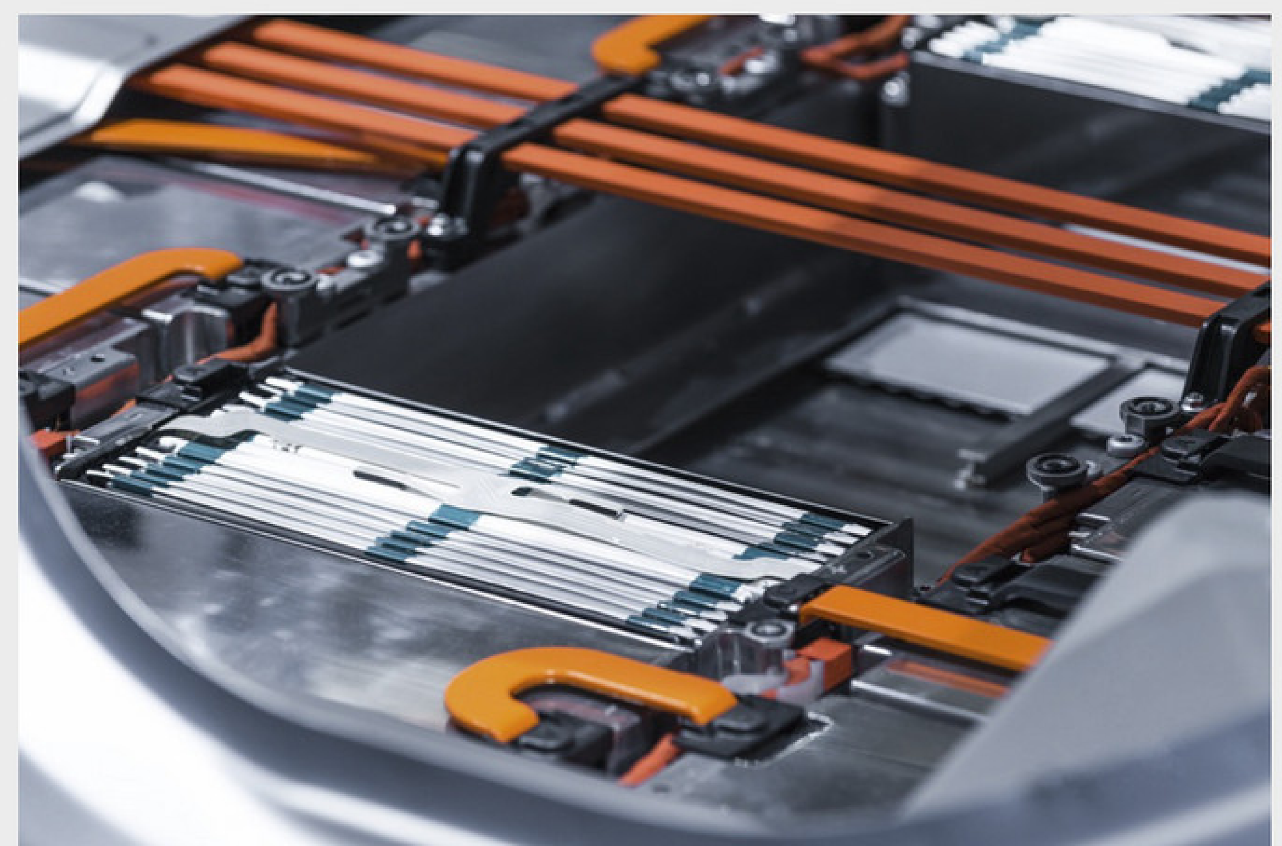
figuur 17 Batterijen.

★ 14 Lees de tekst in figuur 18.

a Welke metalen zitten er in de verschillende auto-accu’s?
b Leg uit waarom accu’s zoveel mogelijk gerecycled moeten worden.
c Het voordeel van een li-ion-accu is de grote energiedichtheid, een maat voor de hoeveelheid energie die bewaard kan worden in een bepaalde massa.
Probeer uit te leggen wat dit betekent. Denk hiervoor aan de definitie van dichtheid.
d Noteer twee voordelen van elektrische auto’s.

figuur 18 Accu’s in een elektrische auto.

Wat te doen met afgedankte accu’s van elektrische auto’s?



Elektrische auto’s zitten in de lift. Ze zijn goed voor het milieu en goedkoper om mee te rijden. Maar wat als we binnen tien jaar onze elektrische auto vervangen door een nieuwer, sneller en zuiniger model? Wat gebeurt er dan met de afgedankte accu van de elektrische auto?
Tot nu toe zit in elke ‘gewone’ auto een loodaccu. Het recyclen van loodaccu’s is routine, omdat het lood goed gebruikt kan worden voor het maken van nieuwe accu’s. Dat geldt ook voor de nikkel-metaalhydride-accu’s, die vooral in hybride auto’s zitten. De materialen die je eruit kunt halen – vooral nikkel, kobalt en ijzer – zijn gewilde grondstoffen voor de fabricage van roestvrij staal. Het is lonend deze accu’s in te zamelen en naar een verwerkingsbedrijf te brengen.
Bij de moderne lithium-ion-accu’s is het verhaal minder simpel. Deze Li-ion-accu’s vind je vooral in telefoons en laptops, maar ook in hybride en *full electric* auto’s. Er gaan veel verschillende materialen in een Li-ion-accu, waardoor de kosten van ontmanteling flink hoger liggen dan de opbrengsten van de materialen. In een verwerkingsbedrijf worden de meest kostbare metalen teruggewonnen: vooral aluminium, koper en kobalt.
Omdat het voordeliger is een Li-ion-accu te dumpen dan hem te laten verwerken, wordt op de juiste verwerking door verschillende instanties scherp toegezien.

Naar: NRC, 2017.

3 Schakelingen

LEERDOELEN

4.3.1 Je kunt de symbolen benoemen die je gebruikt om een schakelschema te maken.
4.3.2 Je kunt het verschil uitleggen tussen een serie- en parallelschakeling.
4.3.3 Je kunt het schakelschema tekenen van eenvoudige serie- en parallelschakelingen.
4.3.4 Je kunt uitleggen waarom elektrische apparaten bijna altijd parallel geschakeld worden.
4.3.5 Je kunt de grootte van de stroomsterkte beredeneren in een schakeling.
4.3.6 Je kunt de grootte van de spanning beredeneren in een schakeling.
4.3.7 Je kunt een gemengde schakeling beschrijven.
EXTRA 4.3.8 Je kunt uitleggen hoe een kruisschakeling werkt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	4.3.1	4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.3.6	4.3.7	4.3.8	4.2.6*
Onthouden		1ab		1c	1d			12a	
Begrijpen	2abcd	7, 8b		6abc	11a	4ac, 8c	9abcd	13ab	4b
Toepassen			3, 8ad		9e, 10abcd, 11bd	5			
Analyseren					11c			12b, 13c	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Je kunt lampen, schakelaars, snoeren en spanningsbronnen op verschillende manieren met elkaar verbinden. Anders gezegd: je kunt er verschillende schakelingen mee maken. In zo'n schakeling kun je altijd één of meer stroomkringen aanwijzen.

SCHAKELINGEN TEKENEN

PROEF 3+4 Als je iemand wilt uitleggen hoe een bepaalde schakeling in elkaar zit, kun je het best een tekening gebruiken. Er zijn speciale symbolen bedacht om overzichtelijke tekeningen van schakelingen te kunnen maken (figuur 1). Zo'n tekening noem je een **schakelschema**.

figuur 1 Symbolen voor schakelschema's.

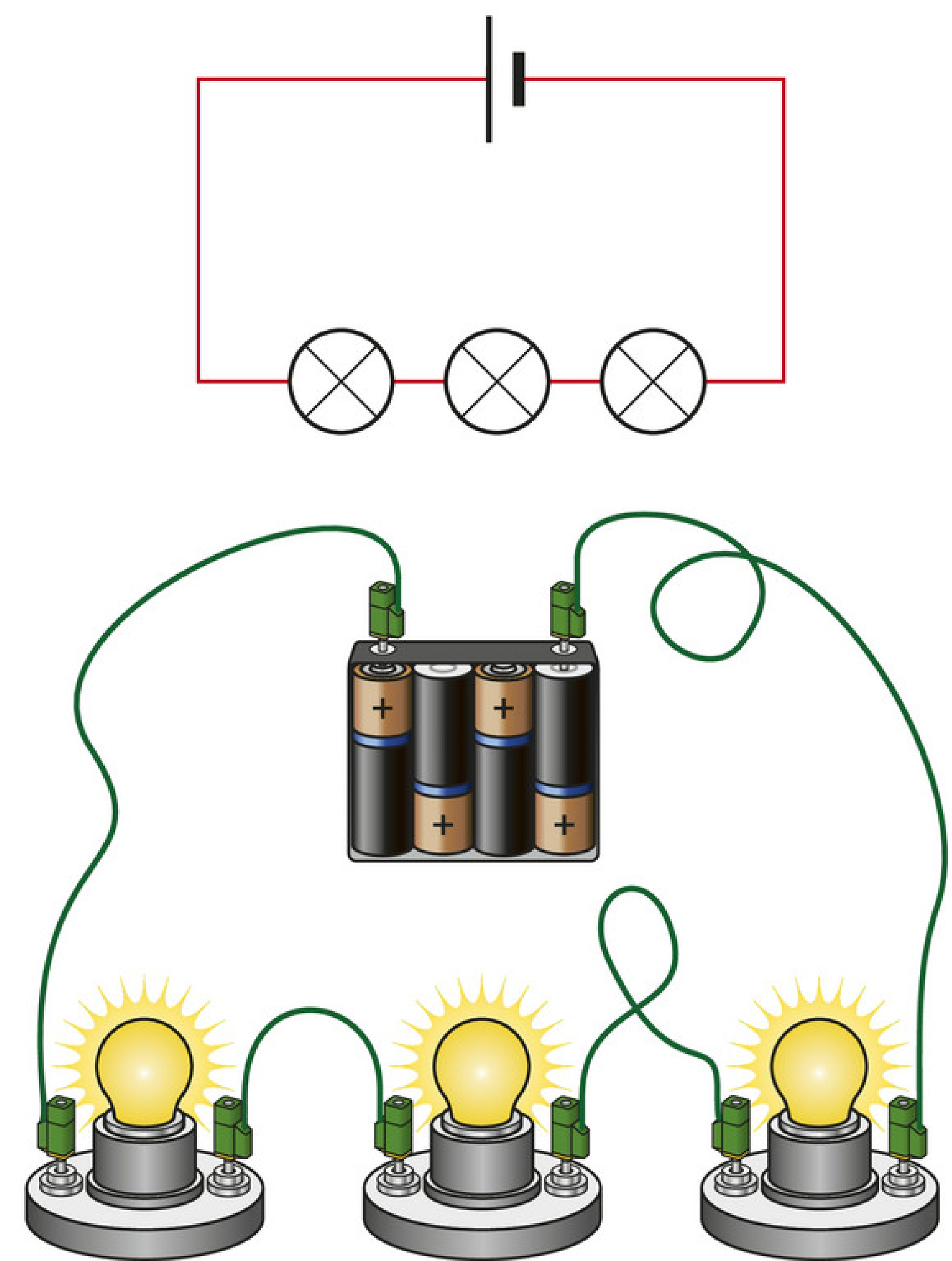
Schakelschema's zijn onmisbaar bij proeven met elektriciteit. Het schema vertelt je welke onderdelen je nodig hebt en hoe je die met elkaar verbindt. Bij veel proeven staat er een schakelschema in het boek. Soms moet je zelf een schakelschema tekenen. Nadat je alle onderdelen hebt verzameld, bouw je de schakeling aan de hand van het schema.

Schakelschema's worden ook gebruikt bij het ontwikkelen van elektrische en elektronische apparaten. Eerst maakt het ontwerpteam een schakelschema waarop alle onderdelen en hun verbindingen schematisch zijn weergegeven. Als dat schema is goedgekeurd, bedenkt het team hoe de schakeling het best (en het goedkoopst) in elkaar gezet kan worden.

SERIESCHAKELINGEN

PROEF 5+6

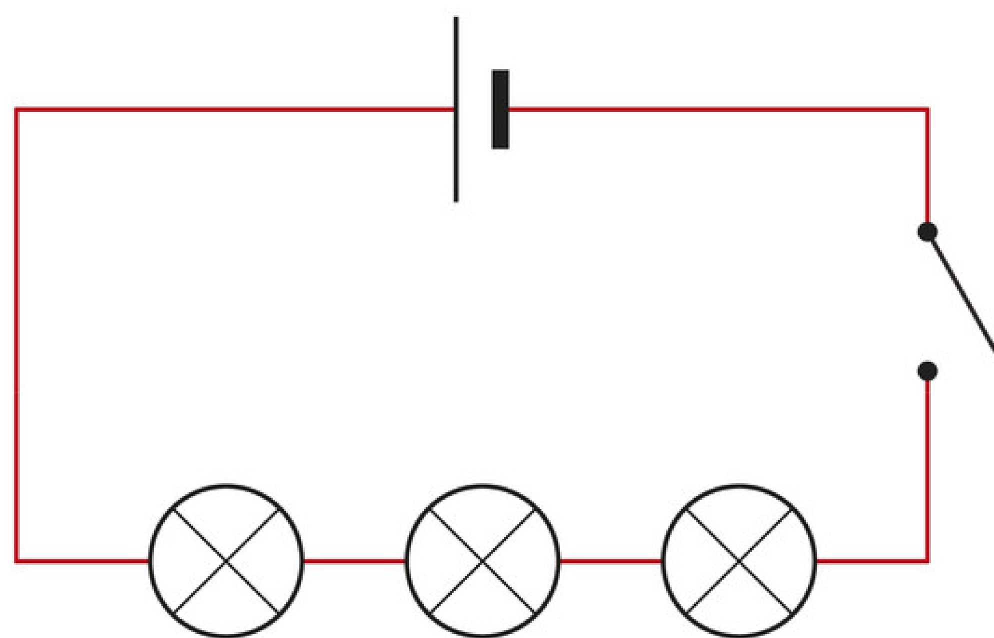
In figuur 2 zie je een **serieschakeling** met drie lampjes. Een serieschakeling heeft geen vertakkingen: er is maar één stroomkring. Als er één lampje stukgaat, is de stroomkring verbroken: alle lampjes gaan dan uit. Het is daarom niet praktisch om lampen in serie te schakelen. Je wilt dat de andere lampen blijven werken als er één lamp kapotgaat.



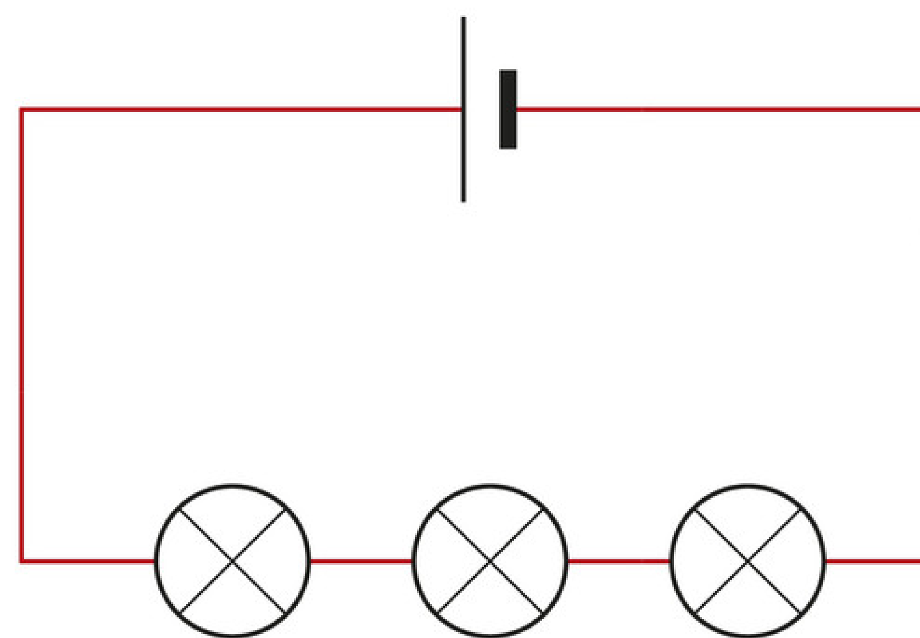
figuur 2 Een serieschakeling van drie lampjes.

Je schakelt een schakelaar juist wel in serie met het apparaat dat aan- of uitgezet moet worden. Met een lichtschakelaar doe je een lamp aan of uit. Als je de schakelaar op UIT zet, open je de stroomkring en gaat de lamp uit. Als je de schakelaar op AAN zet, sluit je de stroomkring en gaat de lamp weer aan.

- In een open stroomkring staat de schakelaar open en is de lamp uit (figuur 3).
- In een gesloten stroomkring staat de schakelaar dicht en is de lamp aan (figuur 4).



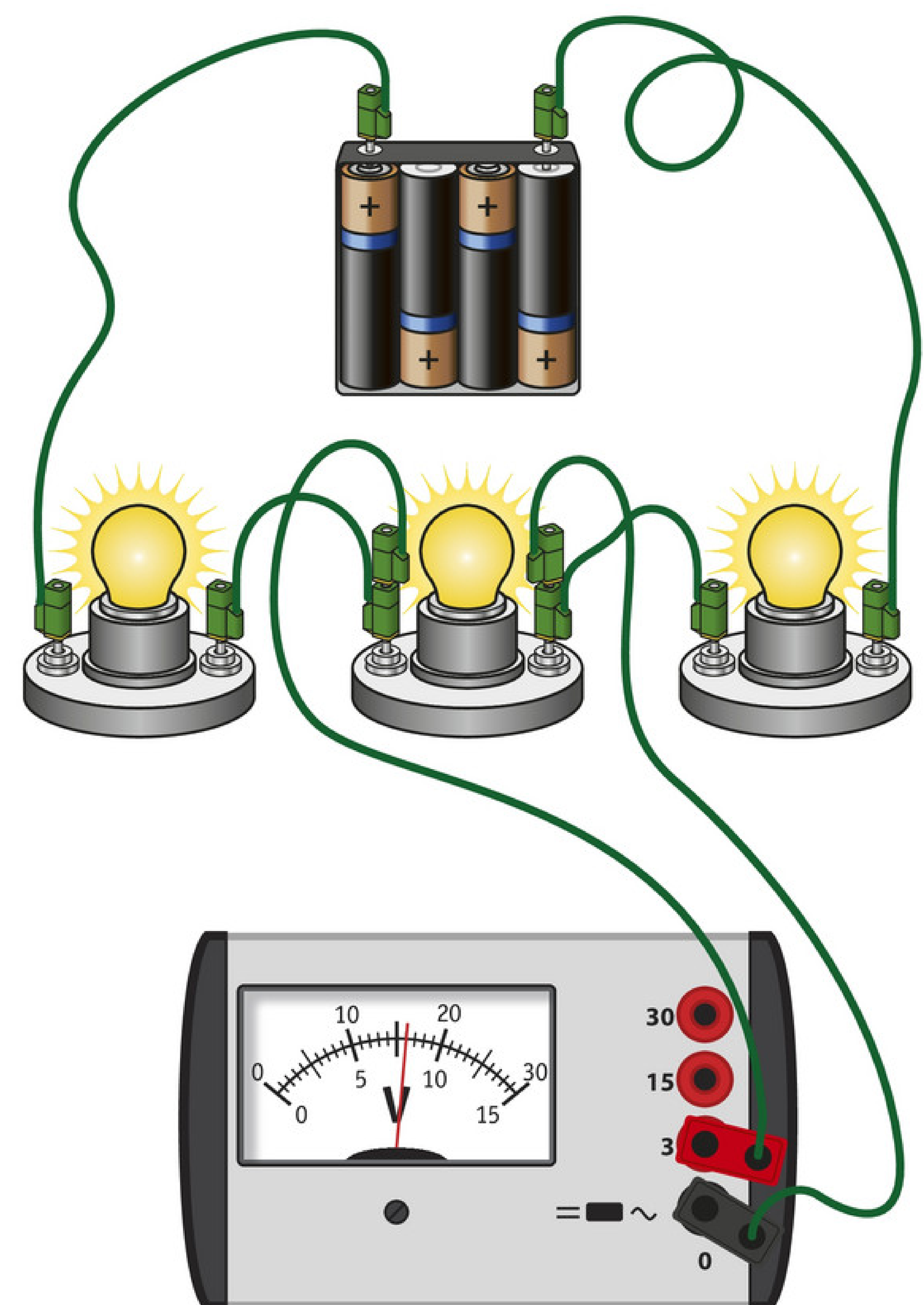
figuur 3 Een open stroomkring: de lampjes zijn uit.



figuur 4 Een gesloten stroomkring: de lampjes zijn aan.

De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot. Het maakt niet uit waar je de stroomsterkte meet: tussen de batterij en het eerste lampje, tussen het eerste en het tweede lampje, tussen het tweede en het derde lampje of tussen het derde lampje en de batterij. De lading die een lampje instroomt, stroomt er ook weer uit. Je krijgt steeds dezelfde meetwaarde.

De spanning die de batterij levert, wordt over de drie lampjes verdeeld. Als je drie dezelfde lampjes hebt gebruikt, krijgt elk lampje een derde van de **bronspanning** (de spanning van de batterij). Dat kun je nagaan door de spanning over één lampje te meten, zoals in figuur 5 is getekend.



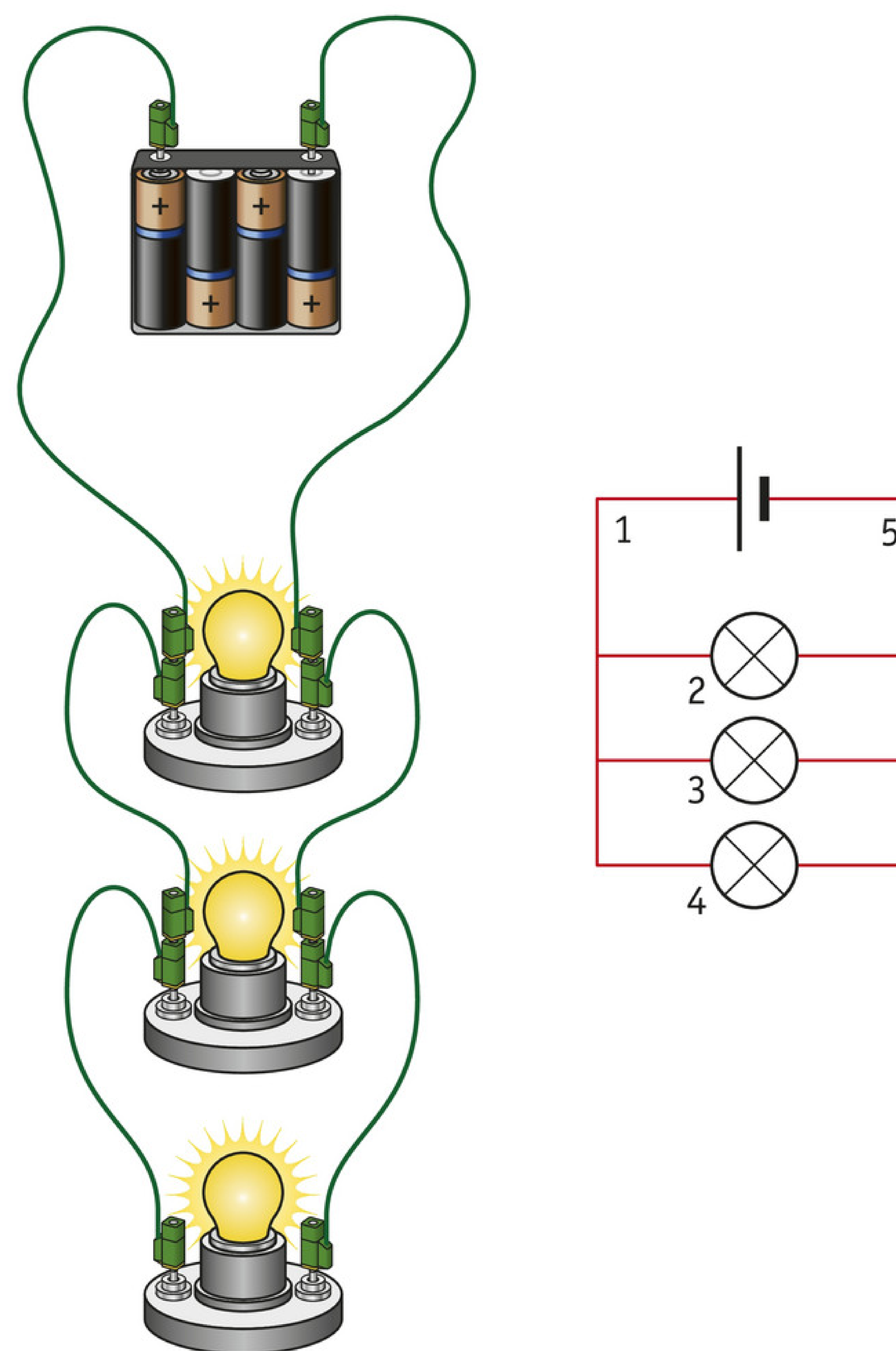
figuur 5 De spanning over één lampje meten.

PARALLELSCHAKELINGEN

PROEF 7

Elektrische apparaten worden bijna altijd parallel geschakeld. Dat heeft drie voordelen:

1 Je kunt elk apparaat met een eigen schakelaar aan- en uitdoen.
2 Als één apparaat kapotgaat, kunnen de andere blijven werken.
3 Elk apparaat krijgt de volledige spanning van de spanningsbron.



figuur 6 Een parallelschakeling van drie lampjes.

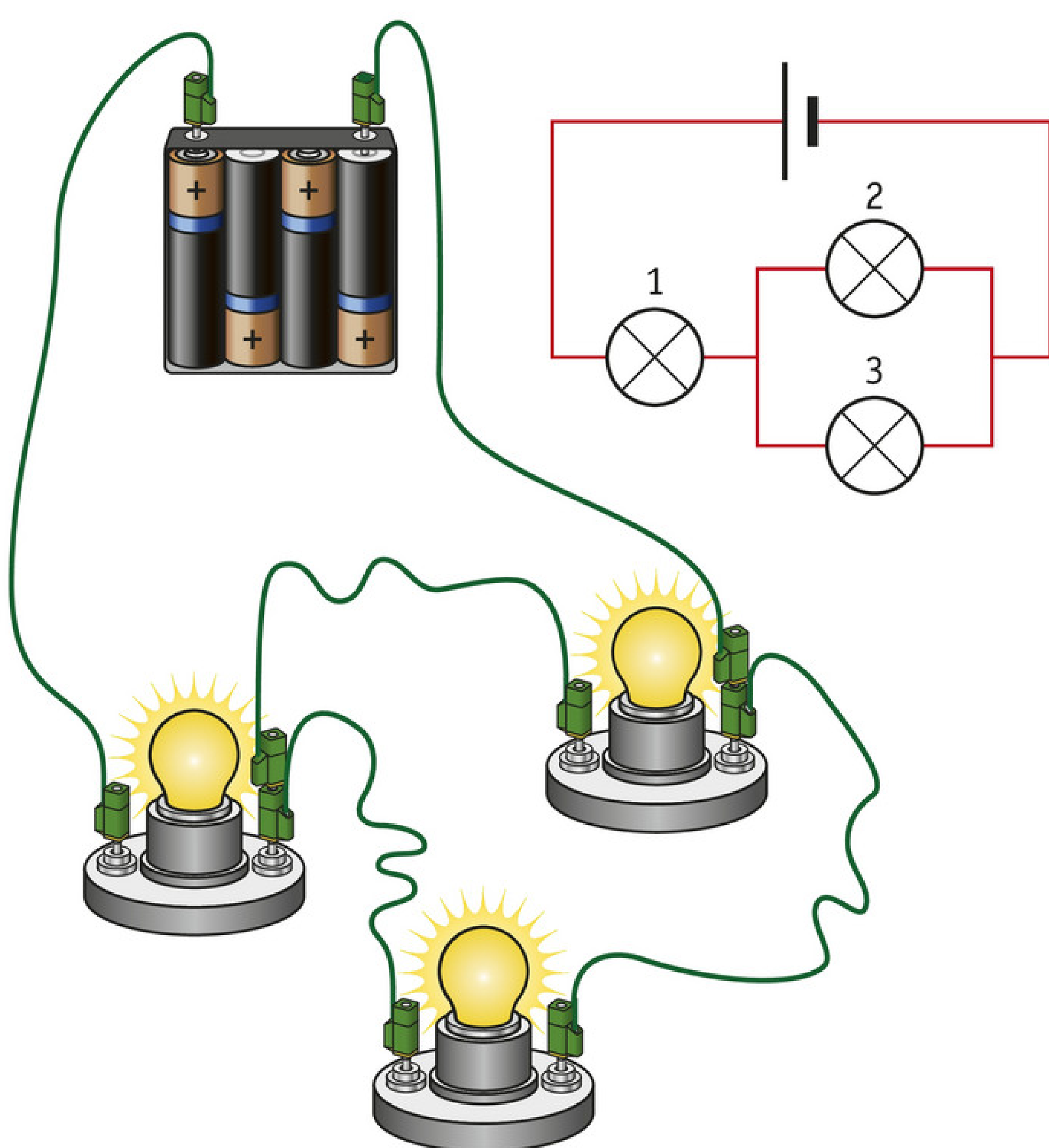
In figuur 6 zie je een **parallelschakeling** van drie identieke lampjes. De schakeling vertakt zich in drieën. Elk lampje is rechtstreeks aangesloten op de bronspanning. De parallelschakeling bestaat dus uit drie stroomkringen. Deze stroomkringen kunnen elk apart geopend en gesloten worden als je in elke vertakking een schakelaar toevoegt.

Op de plaats waar een parallelschakeling zich vertakt, splitst de stroom zich. In figuur 6 splitst de stroom zich in drieën. De stroomsterkte in de onvertakte gedeelten (bij 1 en 5) wordt de totale stroomsterkte genoemd. De stroomsterkte in de takken (bij 2, 3 en 4) is steeds een derde van de **totale stroomsterkte**. In een parallelschakeling is de stroomsterkte dus niet overal even groot, zoals in een serieschakeling.

GEMENGDE SCHAKELINGEN

PROEF 8

In een **gemengde schakeling** zijn sommige onderdelen in serie geschakeld en andere parallel. In figuur 7 zie je een voorbeeld van zo'n gemengde schakeling: de lampjes 2 en 3 zijn parallel aan elkaar geschakeld, maar staan samen in serie met lampje 1.



figuur 7 Een gemengde schakeling van drie lampjes.

Een gemengde schakeling gedraagt zich anders dan een serieschakeling of een parallelschakeling. Als je lampje 1 losdraait, gaan de lampjes 2 en 3 ook uit. Je hebt dan geen gesloten stroomkring meer. Maar als je lampje 2 losdraait, blijven de lampjes 1 en 3 branden. Dat komt doordat er dan nog steeds een gesloten stroomkring is.

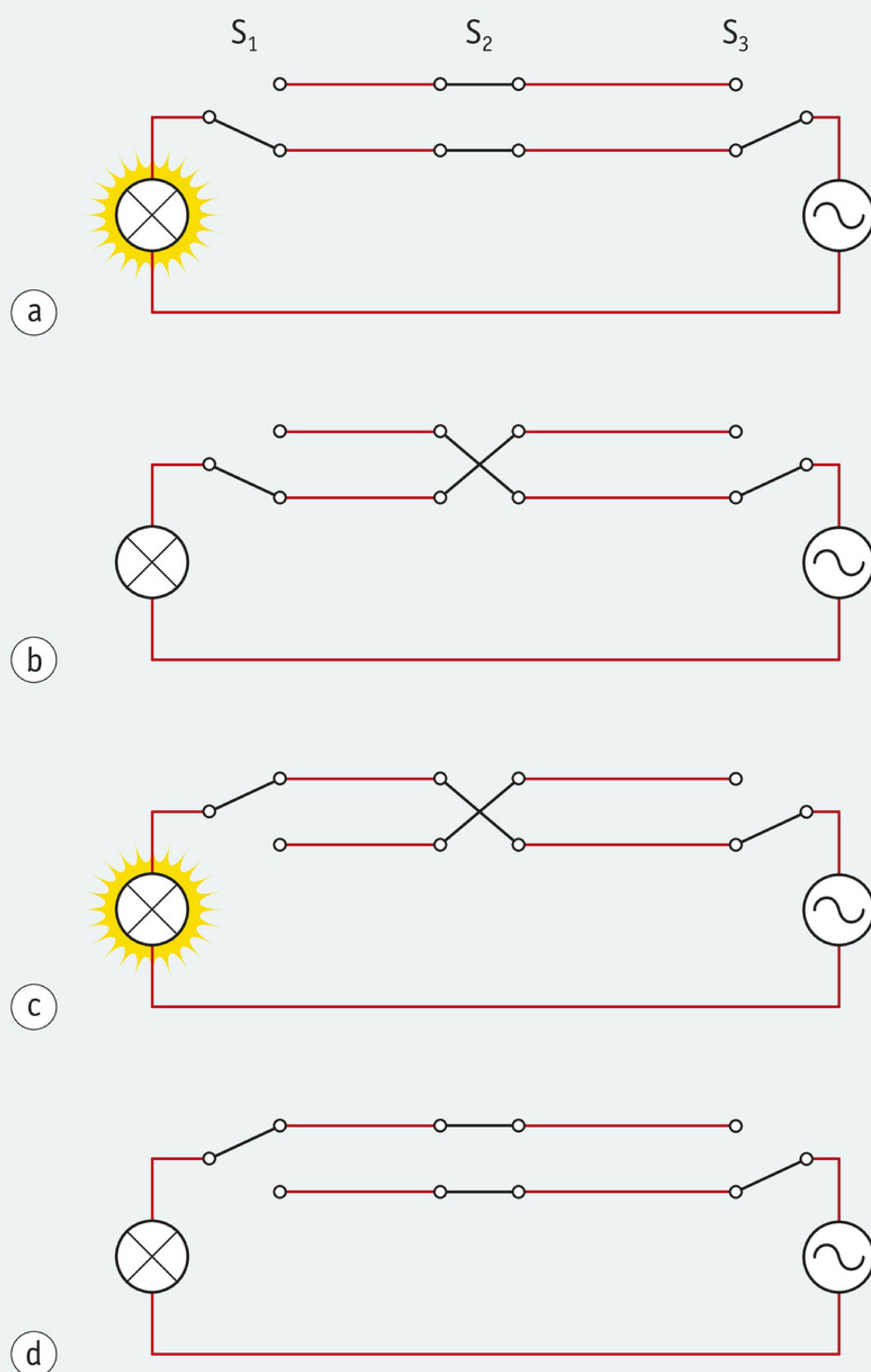
Vaak kun je beredeneren hoe groot de stroomsterkte is op verschillende plaatsen in een gemengde schakeling. Lampje 1 brandt bijvoorbeeld feller dan lampje 2 en 3. Ga maar na: alle stroom die door lampje 2 en door lampje 3 gaat, moet ook door lampje 1 gaan. Door lampje 1 loopt dus evenveel stroom als door lampje 2 en 3 samen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA KRUISSCHAKELING

In figuur 8 zie je een voorbeeld van een zogeheten kruisschakeling. Met deze schakeling kun je in een lange gang op meerdere plaatsen de verlichting aan- of uitdoen. De schakeling bestaat uit twee wisselschakelaars (S_1 en S_3). Je ziet dat de wisselschakelaars elk drie aansluitingen hebben: een aanvoerdraad en twee schakeldraden.

Schakelaar S_2 is een heel speciale schakelaar: hij verbindt de beide wisselschakelaars met elkaar. Zoals je in figuur 8a en 8b kunt zien, heeft de schakelaar twee mogelijke standen: hij verbindt ofwel het bovenste paar draden en het onderste paar (figuur 8a), ofwel hij verbindt kruiselings de bovenste en onderste draden (figuur 8b). Op deze manier zorgt deze 'slimme' schakelaar ervoor dat je de lamp op drie plaatsen in de gang aan en uit kunt doen.



figuur 8 Een kruisschakeling.

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Hoe moet je lampen schakelen om ze apart aan en uit te kunnen zetten?
in serie / parallel

b In welk soort schakeling is de stroomsterkte op alle plaatsen even groot?
in een *parallelschakeling / serieschakeling*

c Waarom worden elektrische apparaten bijna altijd parallel geschakeld?

d Wat wordt bedoeld met de totale stroomsterkte in een parallelschakeling?

2 Teken de schakelsymbolen van de volgende onderdelen.

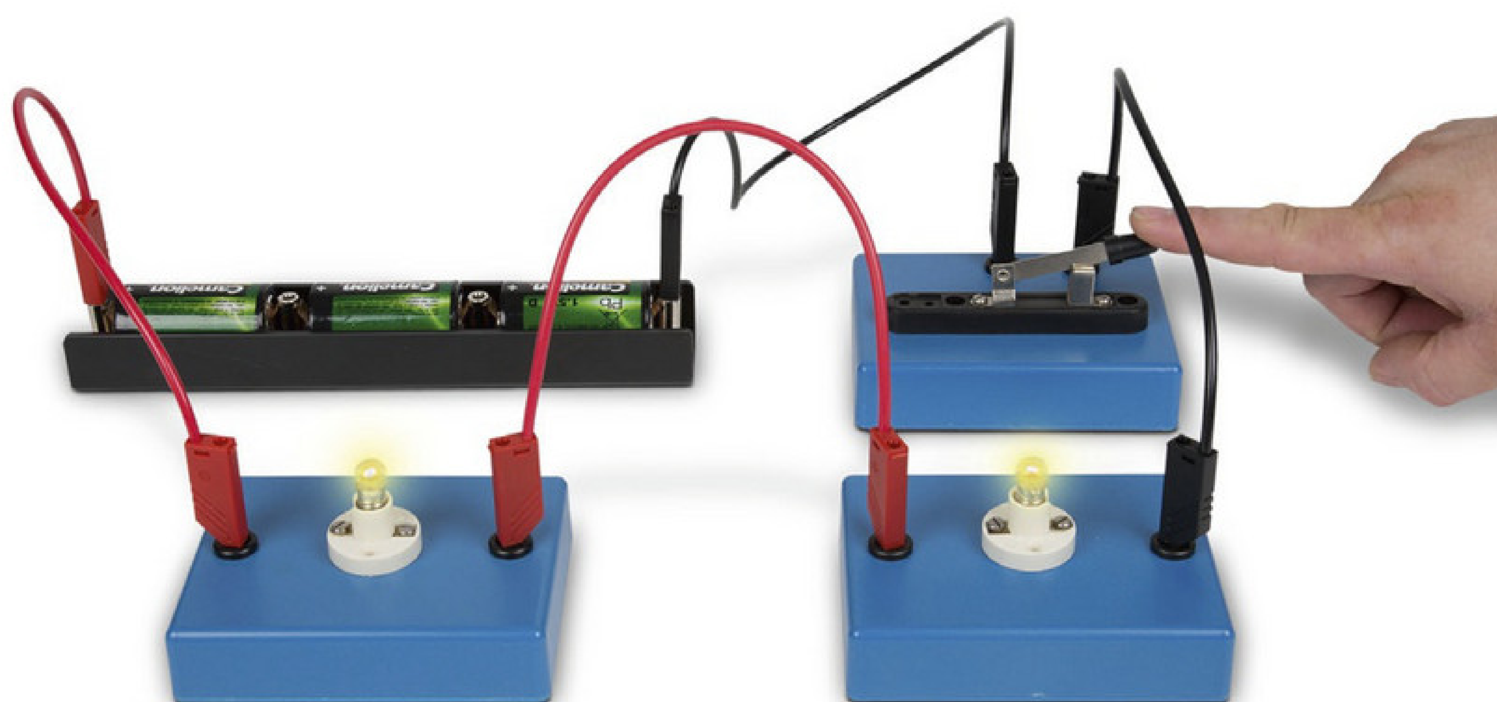
a een lampje

b een schakelaar

c een bel

d een spanningsmeter

3 In figuur 9 zie je een foto van een schakeling.
Teken het schakelschema van deze schakeling.



figuur 9 Een schakeling.

4 Dilano schakelt drie identieke lampjes in serie. Hij sluit de lampjes daarna aan op een batterij van 9 V.

a Beredeneer hoe groot de spanning is die elk lampje dan krijgt.

b Dilano ziet dat de lampjes maar flauw branden. Zijn docent zegt dat de lampjes beter zullen branden als Dilano de bronspanning verhoogt tot 18 V. “Pak maar een tweede batterij,” zegt hij, “daarmee lukt het wel.”
Leg uit hoe Dilano de twee batterijen dan moet schakelen.

c Op welke spanning brandt elk lampje als de bronspanning 18 V is?

5 Anton heeft drie dezelfde lampjes. Ze zijn parallel aangesloten op een batterij. Een van de lampjes gaat kapot.
Voor de andere twee lampjes geldt:

○ A Die blijven even fel branden.
○ B Die gaan feller branden.
○ C Die gaan minder fel branden.
○ D Die gaan ook uit.

6 In een huiskamer branden twee staande lampen en een bureaulamp, die alle drie zijn aangesloten op een stopcontact. Eén van de staande lampen gaat kapot.

a Blijft de andere staande lamp branden? *ja / nee*

b Blijft de bureaulamp branden? *ja / nee*

c Hoe zijn de stopcontacten in huis dus geschakeld? *in serie / parallel*

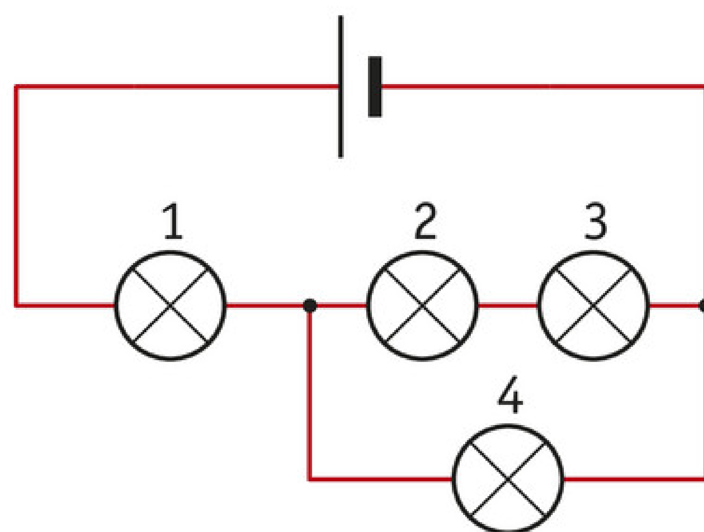
7 Een auto heeft knipperlichten, remlichten, koplampen, achterlichten enzovoort. Hoe zijn deze lampen geschakeld: in serie of parallel? Licht je antwoord toe.

8 Aranka heeft vier dezelfde lampjes en twee batterijen van 4,5 V. Ze sluit twee lampjes in serie aan op een van de batterijen. De andere twee sluit ze parallel aan op de andere batterij.

- **a** Teken de beide schakelschema's.
- **b** Leg uit welk verschil Aranka merkt tussen beide schakelingen als een van de twee lampjes kapotgaat.
- **c** Welke lampjes zullen feller branden: de lampjes in serie of de lampjes parallel?
- **d** Teken nogmaals het schakelschema met de lampjes parallel, maar voeg nu een schakelaar toe waarmee je een van de lampjes aan en uit kunt zetten.

9 Bekijk de schakeling in figuur 10. Alle lampjes zijn identiek.

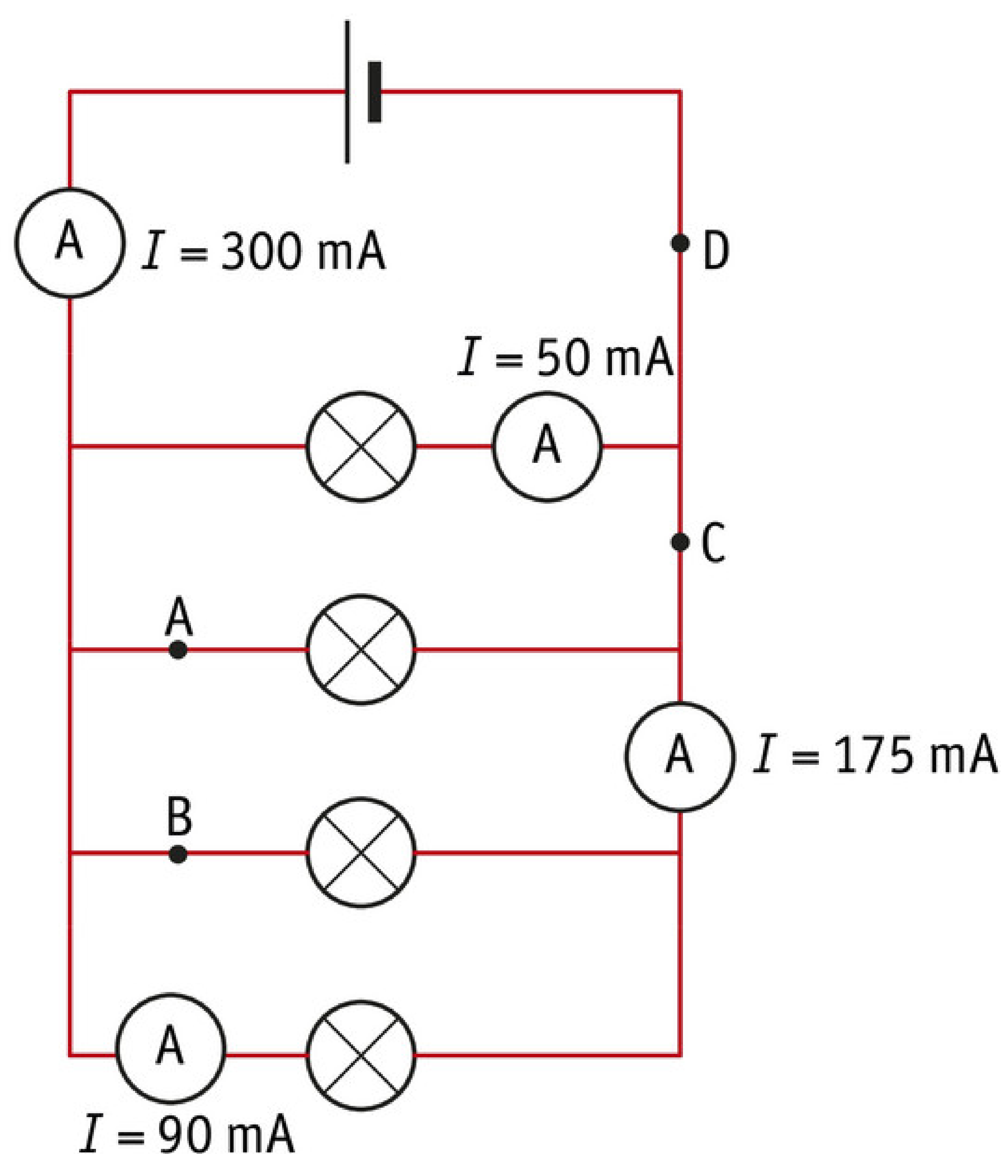
- **a** Welke lampjes gaan uit als je lampje 1 losdraait?
- **b** Welke lampjes gaan uit als je lampje 2 losdraait?
- **c** Welke lampjes gaan uit als je lampje 3 losdraait?
- **d** Welke lampjes gaan uit als je lampje 4 losdraait?
- **e** Door welk lampje is de stroomsterkte het grootst? Licht je antwoord toe.



figuur 10 Een schakeling met vier lampjes.

10 Arno heeft de schakeling van figuur 11 met vier verschillende lampjes gemaakt. Hij heeft op vier punten de stroomsterkte I gemeten.
Beredeneer hoe groot de stroomsterkte is:

- **a** in punt A.
- **b** in punt B.
- **c** in punt C.
- **d** in punt D.



figuur 11 De schakeling van Arno.

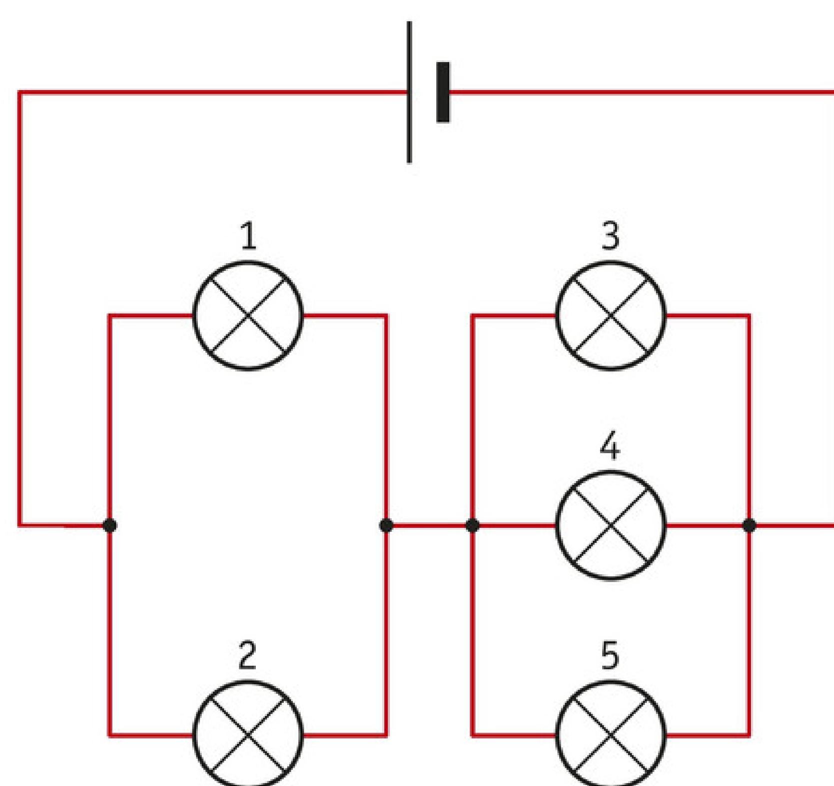
11 Bekijk de schakeling in figuur 12. Alle lampjes zijn identiek.

a Welke lampjes zijn parallel geschakeld?

b Waarom branden de lampjes 1 en 2 feller dan de lampjes 3, 4 en 5?

c Waarom gaan alle lampjes even fel branden als je lampje 3 losdraait?

d Gegeven is dat de batterij een stroom van 0,30 A levert.
Hoe groot is dan de stroom door de vijf afzonderlijke lampjes?



figuur 12 Een schakeling met vijf gelijke lampjes.

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

EXTRA KRUISSCHAKELING

12 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat is het voordeel van de kruisschakeling in figuur 8?

b In figuur 8 zie je vier mogelijkheden waarin je de kruisschakeling kunt aantreffen.
Leg uit hoeveel verschillende mogelijkheden er in totaal zijn.

c Teken de mogelijke standen van de kruisschakeling die nog niet in figuur 8 zijn weergegeven.

d Geef in elke situatie aan of de lamp aan of uit is.

13 Teken een kruisschakeling waarin de lamp op vier (in plaats van drie) plekken in en uit te schakelen is.

4 Vermogen en energie

LEERDOELEN

4.4.1 Je kunt uitleggen wat het vermogen van een apparaat is.
4.4.2 Je kunt het vermogen van een apparaat berekenen.
4.4.3 Je kunt uitleggen waarom een apparaat met een groter vermogen meer elektrische energie verbruikt.
4.4.4 Je kunt de capaciteit van een oplaadbare batterij berekenen.
EXTRA 4.4.5 Je kunt twee manieren beschrijven waarmee je kunt meten hoe leeg of vol een batterij is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.4.4	4.4.5	4.2.1*	4.3.5*
Onthouden	1ac	1b, 2	1d				
Begrijpen	3, 11ab	4a			13b	7c	
Toepassen		4b, 5abc, 6ab, 7b, 9a		9b	12ab, 13ad		7a
Analyseren		8, 10			13c		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Je hebt niet zoveel aan een telefoon als je hem steeds aan de lader moet leggen. Daarom is het belangrijk dat een telefoon zo efficiënt mogelijk omgaat met de beschikbare elektrische energie. Hoe zuiniger het apparaat daarmee is, des te langer duurt het voordat de batterij weer opgeladen moet worden.

HET VERMOGEN VAN EEN APPARAAT

Een laptop verbruikt in dezelfde tijd meer elektrische energie dan een tablet. Je zegt dat een laptop vergeleken met een tablet een groter vermogen heeft. Het **vermogen** geeft aan hoeveel elektrische energie een apparaat per seconde verbruikt. Hoe groter het vermogen, hoe meer elektrische energie het apparaat in één seconde 'opslurpt'.

Bij veel apparaten staat het vermogen vermeld op de verpakking. Dat geldt bijvoorbeeld voor de lamp in figuur 1. Het vermogen wordt meestal opgegeven in watt (W), soms ook in milliwatt (mW) en in kilowatt (kW). Als het vermogen niet altijd even groot is, wordt de maximale waarde opgegeven.

Het vermogen van sommige apparaten is heel veranderlijk. Bij een telefoon stijgt het vermogen bijvoorbeeld sterk als je belt of gebruikmaakt van internet. Als de telefoon op stand-by staat, is het vermogen juist heel klein. Er zijn ook apparaten die wel een constant vermogen hebben, zoals een zaklantaarn of een elektrische klok.



figuur 1 Op verpakkingen van lampen wordt altijd het vermogen vermeld.

SPANNING EN STROOMSTERKTE

Het vermogen van een apparaat hangt af van twee factoren:
1 de spanning waarop het apparaat werkt;
2 de stroomsterkte die door het apparaat loopt.

Om te begrijpen hoe dat werkt, is het handig om weer een vergelijking te maken met stromende lucht. Zoals je in paragraaf 2 zag, kun je de energie in stromende lucht gebruiken om een windmolen te laten draaien. Er wordt dan vermogen overgebracht van de lucht op de wieken. Het molentje wordt door de luchtstroom uit de ballon in beweging gebracht.

Hoe snel een het molentje draait, hangt in de eerste plaats af van de stroomsterkte (de hoeveelheid lucht die per seconde de ballon uitstroomt) en van de spanning (de druk op de lucht in de ballon). Een stevig opgeblazen kleine ballon kan het molentje even snel laten draaien als een half opgeblazen grote ballon. Bij de kleine ballon is de stroomsterkte weliswaar kleiner, maar daar staat tegenover dat de spanning – en dus ook de snelheid van de uitstromende lucht – groter is.

HET VERMOGEN BEREKENEN

Voor elektrische apparaten geldt hetzelfde als voor de ballon: de spanning en de stroomsterkte bepalen samen hoe groot het overgebrachte vermogen is. Je ziet dat terug in de formule waarmee het vermogen wordt berekend:

vermogen = spanning × stroomsterkte

Of in letters:

$$P = U \cdot I$$

Hierin is:
- *P* het vermogen in watt (W);
- *U* de spanning in volt (V);
- *I* de stroomsterkte in ampère (A).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Op een website kun je ledlampen kopen voor decoratief gebruik.
Controleer of het vermogen van de lamp in figuur 2 juist is berekend.

gegevens $U = 12$ V
$I = 220$ mA $= 0{,}22$ A

gevraagd $P = ?$

uitwerking $P = U \cdot I$
$= 12 \times 0{,}22$
$= 2{,}64$ W

Dit klopt met de waarde die op de website vermeld staat.

	LEDLAMP spanning **12** V stroom **220** mA vermogen **2,64** W	€ 2,95

figuur 2 Een aanbieding op een website.

VERMOGEN, TIJD EN ENERGIEVERBRUIK

Een apparaat zoals een telefoon of een tablet, kan maar een beperkte tijd op zijn batterij werken. Hoe groter het vermogen van het apparaat, des te sneller zal de batterij leeg zijn. Er bestaan daarom allerlei manieren om het vermogen van een apparaat laag te houden.

Het vermogen van een apparaat is de optelsom van de vermogens van de verschillende onderdelen. De ontwerpers van zo'n apparaat kiezen daarom onderdelen die zuinig zijn met energie. Als twee beeldschermen ongeveer dezelfde prestaties hebben, krijgt het beeldscherm met het laagste vermogen de voorkeur (figuur 3).



figuur 3 Samen slokken al die beeldschermen toch heel wat energie op.

Ook de software helpt mee om het vermogen laag te houden. Als je een telefoon of een tablet even niet gebruikt, schakelt de software zoveel mogelijk onderdelen uit. Het beeldscherm gaat bijvoorbeeld al na enkele seconden op zwart. Hierdoor daalt het totale vermogen van het apparaat meteen.

Aan het verlagen van het vermogen zit een grens. Daarom wordt er ook veel onderzoek gedaan naar het vergroten van de opslagcapaciteit van batterijen en accu's. Als een batterij meer elektrische energie kan opslaan, kan een apparaat er – bij hetzelfde vermogen – langer op werken.

DE CAPACITEIT VAN EEN OPLAADBARE BATTERIJ

Bij de ene oplaadbare batterij duurt het veel langer tot deze leeg is dan bij de andere. Je kunt dat zien aan de **capaciteit** die op de batterij vermeld staat (figuur 4). De capaciteit van batterijen wordt meestal opgegeven in de eenheid milliampère-uur (mAh).



figuur 4 Op deze drie batterijen staat de capaciteit duidelijk aangegeven.

De capaciteit *C* bereken je door de geleverde stroom *I* te vermenigvuldigen met de tijd *t* dat de batterij die stroom kan leveren. De formule voor de capaciteit is dus:

$$C = I \cdot t$$

Hierin is:
- C de capaciteit in milliampère-uur (mAh);
- I de stroomsterkte in ampère (A);
- t de tijd in uur (h).

Een batterij met een capaciteit van 2000 mAh kan 200 uur lang een stroom van 10 mA leveren. Of 20 uur lang een stroom van 100 mA. Bij 500 mA is hij al na 4 uur leeg.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

EXTRA LEEG OF VOL

Als je telefoon bijna leeg is, geeft deze aan dat je hem moet opladen. Maar hoe 'weet' de batterijtester in je telefoon of de batterij leeg of vol is?

Er bestaan heel eenvoudige uitvoeringen van batterijtesters waarin gemeten wordt wat de spanning is die de batterij levert. Naarmate de batterij langer in gebruik is geweest, daalt de spanning, net zoals de spanning in de ballon daalt als je de lucht eruit laat lopen. Voor moderne batterijen (lithium-ion-batterijen) die in je telefoon zitten is deze methode te onnauwkeurig. De spanning die deze batterijen leveren blijft heel lang nagenoeg gelijk, tot de batterij bijna leeg is.

Daarom zit er in je telefoon meestal een speciale chip. Deze chip meet tijdens het opladen hoeveel lading er in de batterij stroomt, en tijdens het gebruik meet deze hoeveel lading er al uitgestroomd is (figuur 5). Zo 'weet' de chip precies hoeveel procent van de opgeslagen lading er al weggestroomd is.



figuur 5 De batterij is bijna opgeladen.

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Van welke factoren hangt het vermogen van een elektrisch apparaat af?
b Met welke formule kun je het vermogen van zo'n apparaat berekenen?
c Waarom wordt het vermogen van een telefoon zo laag mogelijk gehouden?
d Hoe helpt de software van een telefoon om het energieverbruik laag te houden?

2 Vul in tabel 1 de ontbrekende gegevens in.

tabel 1 Elektrische grootheden en eenheden.

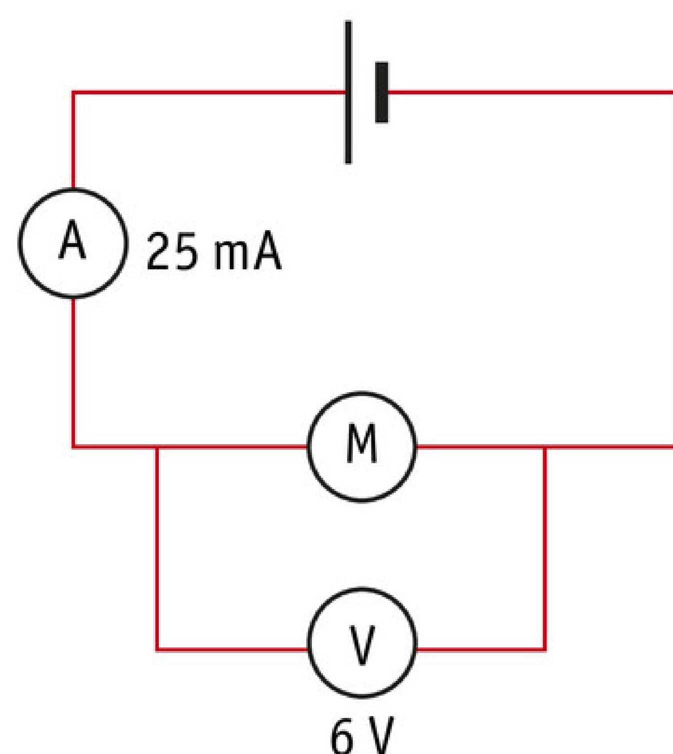
grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning			V
		ampère	
	P		

3 Hieronder staan vier apparaten die op elektrische energie werken.
boormachine – smartwatch – tv-toestel – wasdroger
Zet de apparaten op volgorde van vermogen: het apparaat met het kleinste vermogen voorop, het apparaat met het grootste vermogen achteraan.

4 Mireille voert de proef uit die in figuur 6 getekend is.

a Noteer de spanning en de stroomsterkte.

b Bereken het vermogen van het motortje.



figuur 6 De proef van Mireille.

5 In figuur 7 zie je de gegevens van drie lampjes. Van elk lampje is steeds één gegeven weggelaten.


Zie de vaardigheid *Werken met formules*.

a Bereken het vermogen dat lampje a opneemt.

b Bereken de spanning waarop lampje b brandt.

c Bereken de stroomsterkte die door lampje c loopt.







figuur 7 Drie lampjes.

6 Het beeldscherm van Franks computer werkt op een spanning van 12 V. Als het beeldscherm aan staat, is de stroomsterkte 2,0 A.

a Bereken hoe groot het vermogen van het beeldscherm is.

b Als het beeldscherm in de slaapstand staat, is het vermogen 0,6 W. Bereken hoe groot de stroomsterkte in de slaapstand is.

7 Op veel plaatsen in ontwikkelingslanden is geen goede elektriciteitsvoorziening. Met het oog daarop is de *Firefly Solar Led Light* ontwikkeld (figuur 8). In deze bureaulamp zitten twaalf leds. De lamp brandt op een oplaadbare batterij van 1,2 V. De batterij wordt opgeladen met een zonnepaneeltje dat meegeleverd wordt.
Door één led loopt een stroom van 18 mA als hij aan is. De leds zijn parallel geschakeld.

a Hoe groot is de totale stroomsterkte als alle twaalf leds aan staan?
b Bereken het totale vermogen van de lamp als alle twaalf leds aan staan.
c Leg uit waarom de lamp niet rechtstreeks op het zonnepaneel wordt aangesloten, maar op een oplaadbare batterij werkt.



figuur 8 De *Firefly Solar Led Light*, een bureaulamp die met een zonnepaneel wordt opgeladen.

★ 8 Op de adapter van een laptop staat aan de ene kant 230 V / 0,4 A. Aan de kant die je op je laptop aansluit staat 19 V / 4,7 A.
Bereken hoeveel vermogen er in de adapter verloren gaat in de vorm van warmte.

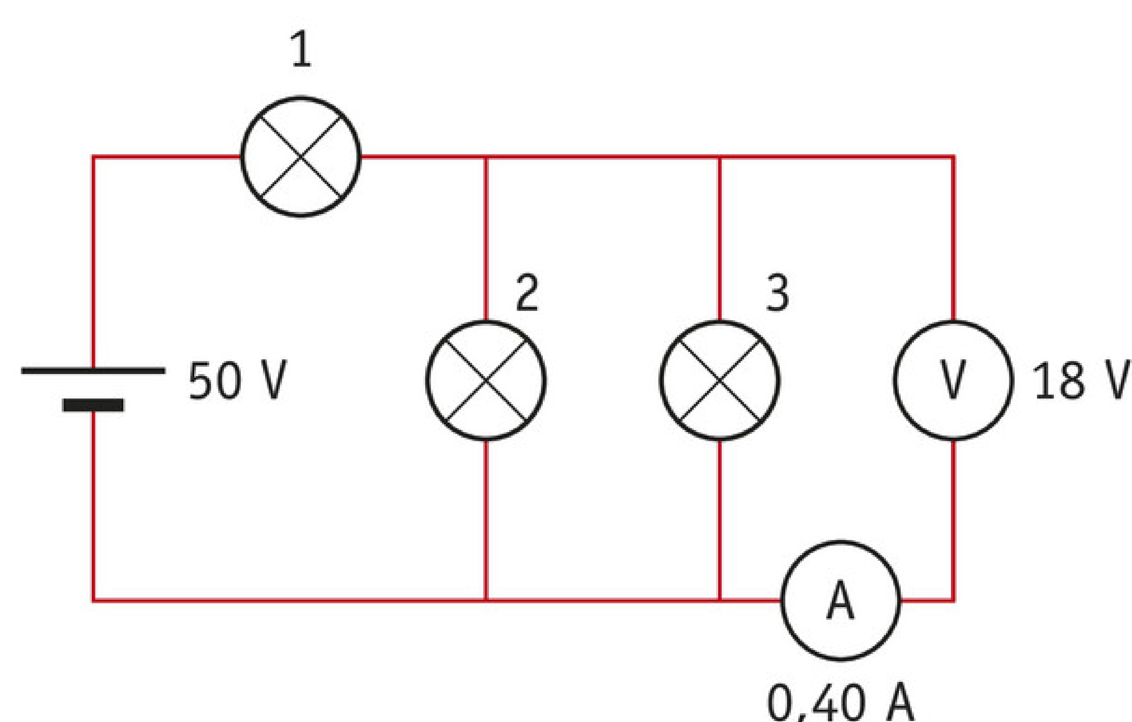
9 De oplaadbare batterij in figuur 9 levert een spanning van 1,2 V. Je gebruikt hem in een zaklantaarn met een lampje met een vermogen van 2,4 W.

a Bereken de stroomsterkte door het lampje.
b De capaciteit van de batterij is 2700 mAh (figuur 9). Bereken na hoeveel minuten de batterij weer opgeladen moet worden.



figuur 9 Een oplaadbare batterij.

★ 10 Babs heeft een schakeling gemaakt met drie gelijke lampjes en een spanningsbron van 50 V (figuur 10). De stroommeter geeft 0,40 A aan, de voltmeter 18 V.
Bereken het vermogen van lampje 1 in deze schakeling.



figuur 10 De schakeling van Babs.

11 Voor telefoons zijn er verschillende apps die ervoor zorgen dat de batterij minder vaak opgeladen hoeft te worden. Dit gebeurt vooral door programma's en apps die telkens verbinding maken met internet uit te zetten als je ze niet gebruikt.

a Leg uit waarom de batterij dan minder vaak opgeladen hoeft te worden.

b Leg uit wat er gebeurt met het vermogen dat de telefoon gebruikt.



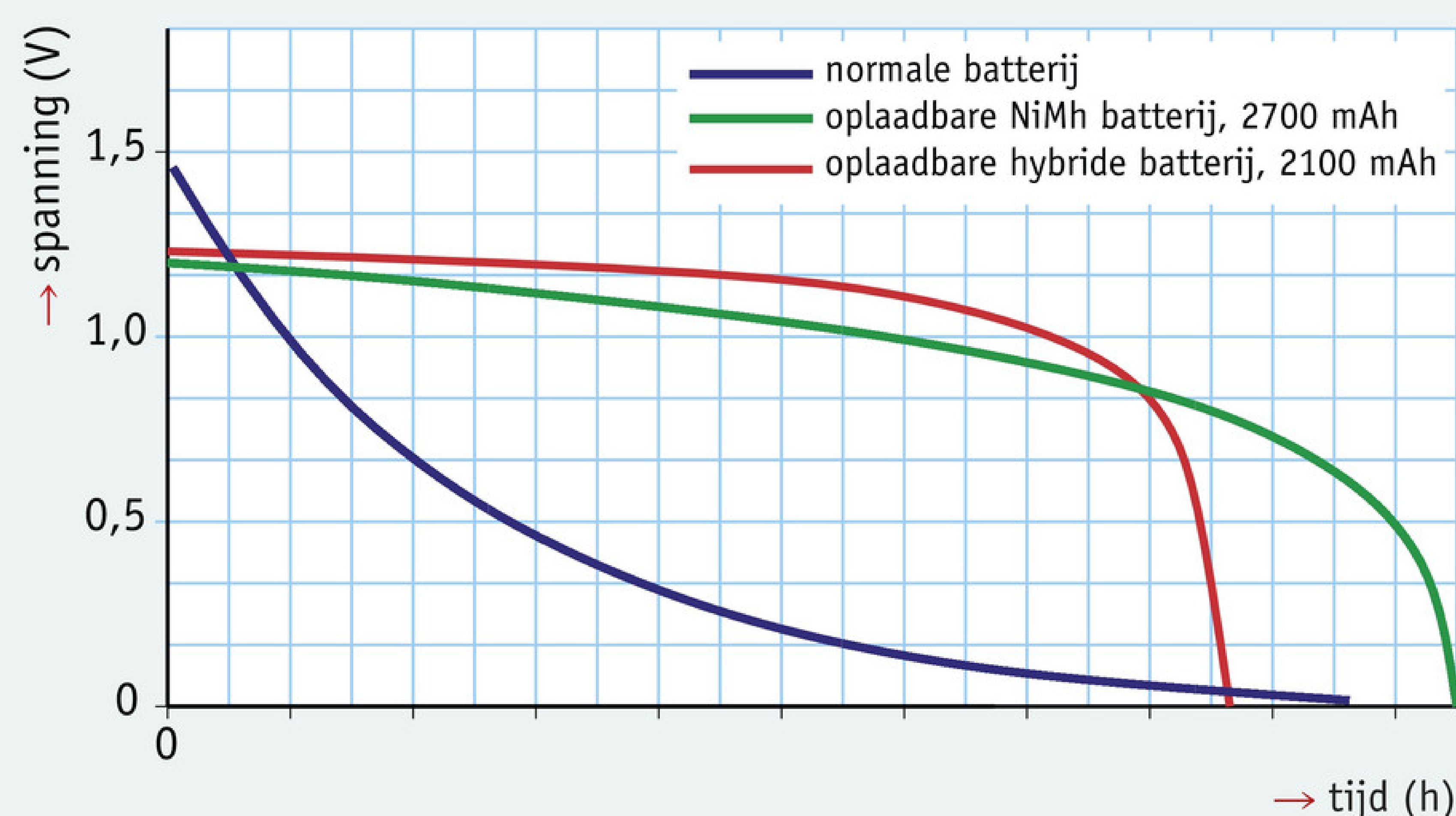
Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA LEEG OF VOL

12 In figuur 11 zie je hoe de spanning bij drie soorten batterijen afneemt als deze een (constante) stroom leveren. Een eenvoudige batterijtester meet hoe vol een batterij is door de spanning te meten die de batterij levert.

a Leg uit dat deze batterijtester niet geschikt is voor het doormeten van een hybride batterij.

b Leg uit op welke manier je bij de hybride batterij toch nauwkeurig zou kunnen meten hoe vol of leeg de batterij is.



figuur 11 Het verloop van de spanning bij drie verschillende batterijen.

13 Joris gebruikt een powerbank om zijn telefoon op te laden. De spanning van de powerbank is 3,7 V. Door de lader gaat een stroom van 0,1 A.

a Bereken hoe groot het vermogen is dat de lader levert.

b In de telefoon zit een chip die meet hoe vol of leeg de batterij is. Welke grootheid meet deze chip: de spanning of de stroomsterkte?

c Op de batterij van de telefoon staat aangegeven hoeveel lading in de batterij kan worden opgeslagen (in de eenheid mAh). Toch meet een chip in de telefoon tijdens het opladen telkens opnieuw hoeveel lading in de batterij wordt opgeslagen. Leg uit waarom deze meting nodig is.

d De batterij van de telefoon heeft een capaciteit van 3000 mAh. Stel dat de batterij tijdens het gebruik een constante stroomsterkte levert en na 12 uur leeg is. Bereken de grootte van de stroomsterkte.

Practica

PROEF 1 GELEIDERS EN ISOLATOREN

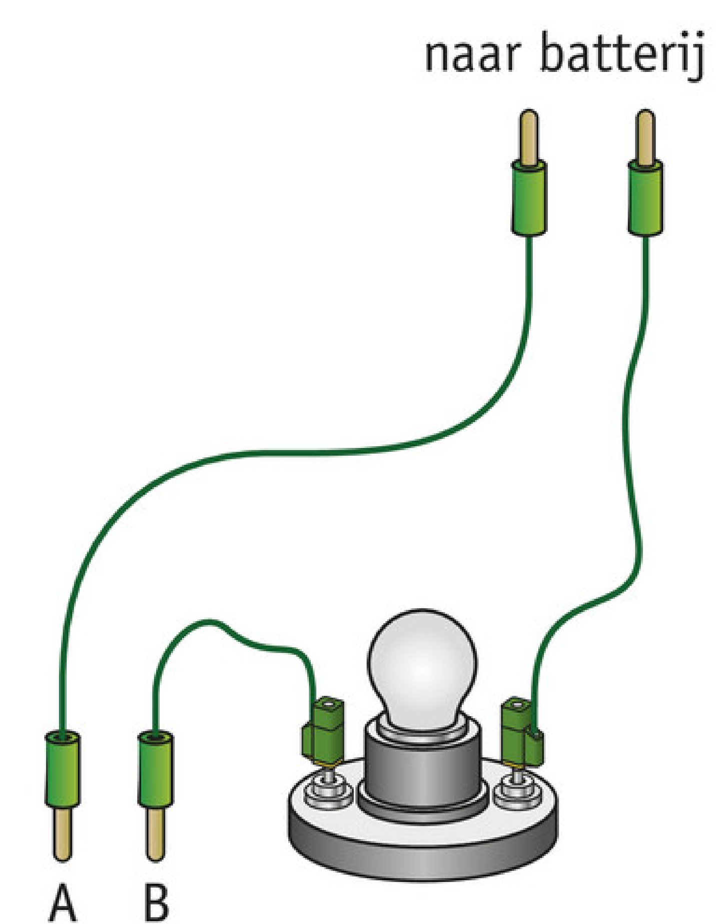
15 minuten

Inleiding
Je kunt stoffen verdelen in geleiders en isolatoren. Door geleiders kan wel een elektrische stroom lopen, door isolatoren niet (of nauwelijks).

Doel
Bij deze proef onderzoek je van een aantal stoffen of ze een geleider of een isolator zijn.

Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ (led)lampje in fitting
- ☐ 3 snoeren
- ☐ koperen staafje
- ☐ 7 andere voorwerpen

Uitvoeren en uitwerken
- Maak de schakeling van figuur 1.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Zet de uiteinden A en B van de snoeren op het koperen staafje. Je ziet dat het lampje dan gaat branden. Blijkbaar laat koper een elektrische stroom door. Daarom noem je koper een geleider.
- Je hoort van je docent welke voorwerpen je nog meer voor deze opdracht nodig hebt.



figuur 1 De schakeling van proef 1.

1 Noteer in tabel 1:
- **a** hoe de verschillende voorwerpen heten.
- **b** van welke stoffen ze zijn gemaakt.

- Onderzoek welke stoffen geleiders zijn en welke isolatoren.

2 Noteer de uitkomsten in de tabel.

tabel 1 Geleiders en isolatoren.

voorwerp	gemaakt van	geleider of isolator
staafje	koper	geleider

Aanwijzingen voor de proeven 2, 5 en 7

- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje.
- Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter*.
- Laat de schakeling controleren door je docent voordat je de spanning inschakelt.

PROEF 2 DE STROOMSTERKTE METEN

10 minuten

Inleiding

Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een stroomkring meten. Je schakelt de stroommeter daarbij in serie met de andere onderdelen van de stroomkring.

Doel

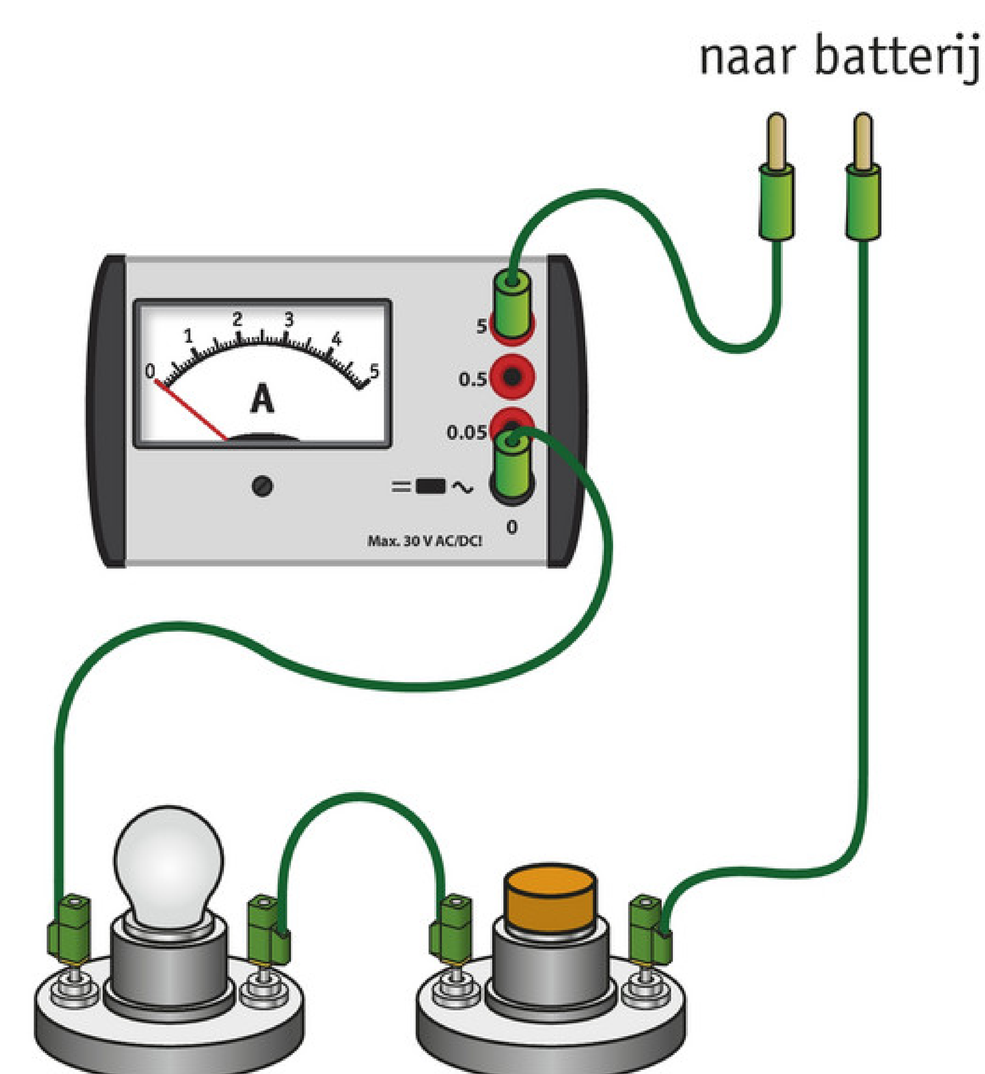
Je oefent met het meten van de stroomsterkte.

Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ (led)lampje in fitting
- ☐ 4 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ schakelaar

Uitvoeren en uitwerken

- Maak de schakeling van figuur 2. Gebruik het grootste meetbereik.
- Laat de schakeling door je docent controleren!
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Meet met de stroommeter de stroomsterkte door het lampje. Doe dat zowel links als rechts van het lampje.
- Schakel indien mogelijk over op een kleiner meetbereik voordat je de stroomsterkte definitief afleest.



figuur 2 De schakeling van proef 2.

1 Hoe groot is de stroomsterkte door het lampje? Vergeet de eenheid niet!

....

2 Maakt het uit of je de stroomsterkte links of rechts van het lampje meet?

....

....

PROEF 3 LAMPJES SCHAKELEN

30 minuten

Inleiding

Je kunt lampjes op verschillende manieren schakelen. Dat wil zeggen dat je de lampjes (geleidend) met elkaar en met een spanningsbron verbindt, zodat je ze aan en uit kunt zetten. Elk soort schakeling heeft zijn eigen voor- en nadelen.

Doel

Bij deze proef maak je kennis met twee soorten schakelingen: de serieschakeling en de parallelschakeling.

Nodig

☐ spanningsbron
☐ 3 lampjes in fittingen
☐ 6 snoeren

Uitvoeren en uitwerken

Een serieschakeling maken

Eerst maak je een serieschakeling met de drie lampjes. Dat is een schakeling zonder vertakkingen: de stroom loopt van de spanningsbron eerst naar lampje 1, dan naar lampje 2, dan naar lampje 3 en ten slotte terug naar de spanningsbron.

1 Teken het schakelschema van deze schakeling. Zet erbij: een serieschakeling van drie lampjes.

....

Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.

- Bouw de schakeling volgens het schakelschema.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.

2 Beschrijf hoe de lampjes branden: fel, gewoon of zwak.

....

....

- Schroef de lampjes een voor een los (en daarna weer vast).
- Onthoud wat er elke keer met de andere lampjes gebeurt.

3 Wat gebeurt er met de andere lampjes?

....

....

Een parallelschakeling maken
Je maakt nu een parallelschakeling met de drie lampjes. Dat is een schakeling met drie vertakkingen: een voor elk lampje. De stroom splitst zich vóór de lampjes in drieën – zodat elk lampje een derde van de stroom krijgt – en komt na de lampjes weer bij elkaar.

4 Teken het schakelschema van deze schakeling. Zet erbij: een parallelschakeling van drie lampjes.

....

- Bouw de schakeling volgens het schakelschema. Het is het handigst om eerst lampje 1 aan te sluiten op de spanningsbron. Maak daarna de aftakking voor lampje 2 en ten slotte de aftakking voor lampje 3.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.

5 Beschrijf hoe de lampjes branden: fel, gewoon of zwak.

....

....

- Schroef de lampjes een voor een los (en daarna weer vast).

6 Noteer wat er elke keer met de andere lampjes gebeurt.

....

....

- Haal de schakeling weer uit elkaar.

PROEF 4 EXPERIMENTEREN MET EEN SCHAKELAAR

25 minuten

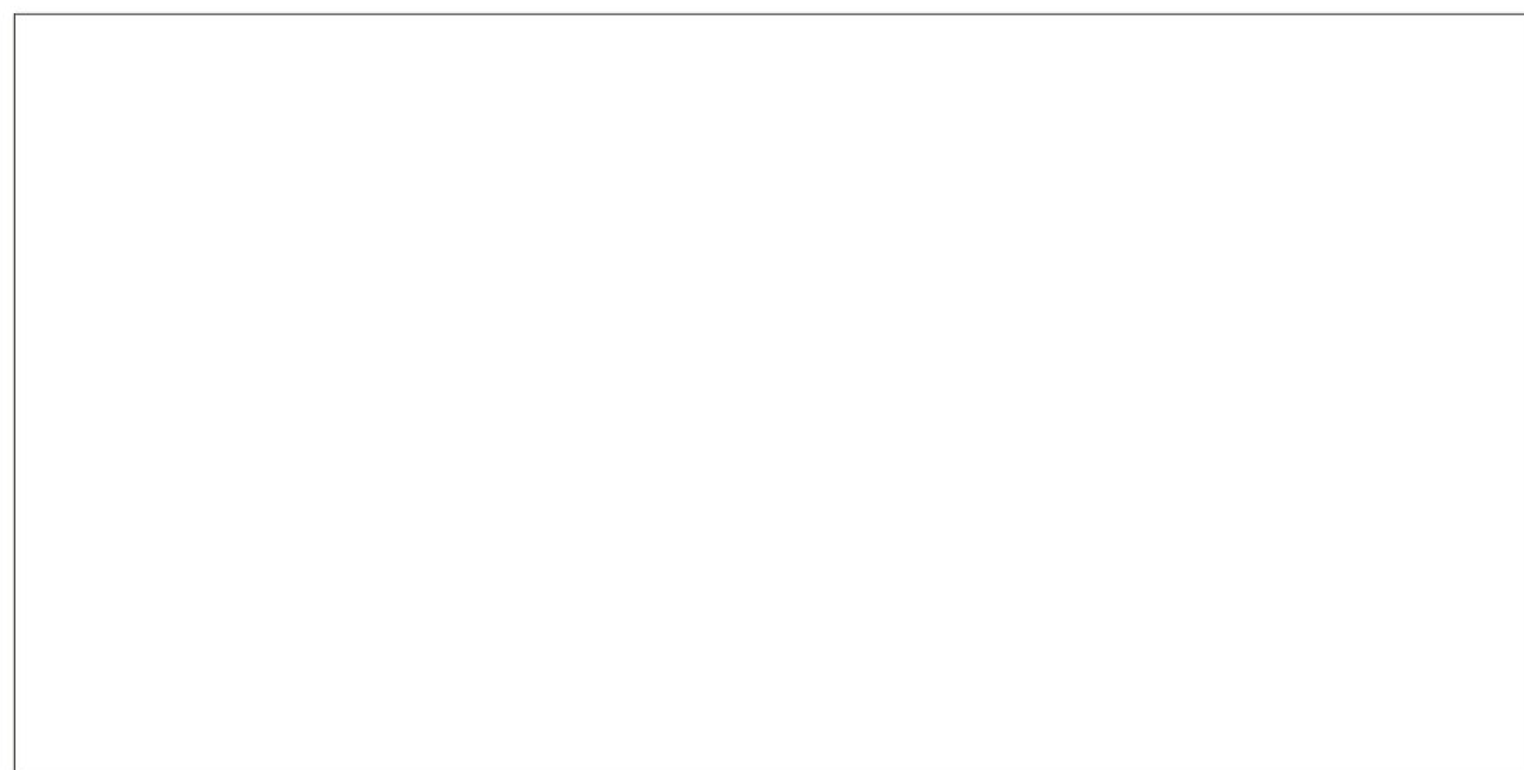
Inleiding
Met een schakelaar kun je de stroom in- en uitschakelen. Je kunt er één onderdeel mee aan- en uitzetten, maar ook de complete schakeling in één keer. Dat hangt ervan af waar je de schakelaar in de schakeling opneemt.

Doel
Bij deze proef onderzoek je welk effect een schakelaar heeft op verschillende plaatsen in een schakeling. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe kun je met een schakelaar (a) één schakelonderdeel aan- en uitzetten;
(b) verschillende schakelonderdelen tegelijk aan- en uitzetten?

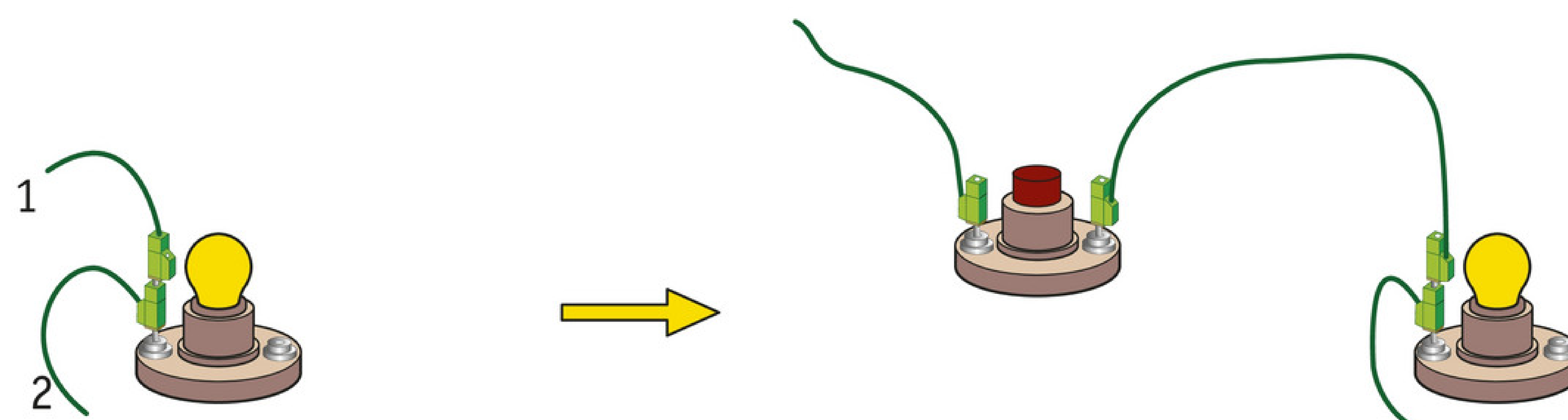
Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ 3 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 8 snoeren
- ☐ schakelaar

Uitvoeren en uitwerken
- Maak een parallelschakeling met de drie lampjes.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Controleer of de drie lampjes gewoon branden.

1 Maak een tekening van de schakeling die je gebouwd hebt. Nummer de snoeren die je gebruikt hebt van 1 tot en met 6.



- Maak de twee overgebleven snoeren vast aan de schakelaar.
- Vervang snoer 1 door de schakelaar met de twee snoeren (figuur 3).
- Kijk wat er gebeurt als je de stroom met de schakelaar in- en uitschakelt.



figuur 3 Zo kun je op de plaats van snoer 1 een schakelaar aanbrengen.

2 Teken het schakelschema van de schakeling die je hebt gemaakt.
Geef aan welke lampjes uitgaan als je de schakelaar op UIT zet.

....

- Haal de schakelaar met de twee snoeren weg en sluit snoer 1 weer aan.
- Gebruik de schakelaar met de twee snoeren nu om snoer 2 te vervangen.
- Kijk wat er gebeurt als je de stroom met de schakelaar in- en uitschakelt.

3 Teken het schakelschema. Zet erbij welke lampjes nu uitgaan als je de schakelaar op UIT zet.

....

- Doe vervolgens hetzelfde met de snoeren 3 tot en met 6.

4 Teken het schakelschema en zet je waarnemingen erbij.

....

....

....

5 Beantwoord ten slotte de onderzoeksvraag.

PROEF 5 DE STROOMSTERKTE IN EEN SERIESCHAKELING



Inleiding

Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een serieschakeling meten. Je kunt de stroom daarbij op verschillende plaatsen meten: tussen de spanningsbron en het eerste schakelonderdeel, tussen de schakelonderdelen in en na het laatste schakelonderdeel.

Doel

Je onderzoekt welke regel er geldt voor de stroomsterkte in een serieschakeling.

Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 5 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ schakelaar

Uitvoeren en uitwerken

- Je maakt zo meteen een serieschakeling van twee lampjes en een stroommeter.

1 Teken het schakelschema van deze schakeling.

- Laat je docent het schakelschema controleren. Bouw daarna de schakeling.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de stroomsterkte af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de stroommeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.
- Meet de stroomsterkte drie keer: voor lampje 1, tussen lampje 1 en lampje 2 en na lampje 2.

2 Noteer de meetresultaten. Vergeet de eenheid niet.

....

....

3 Welke regel geldt er voor de stroomsterkte in een serieschakeling?

....

....

....

PROEF 6 DE SPANNING IN EEN SERIESCHAKELING

20 minuten

Inleiding

Met een spanningsmeter kun je de spanningen in een serieschakeling meten: over elk schakelonderdeel afzonderlijk en over alle schakelonderdelen samen.

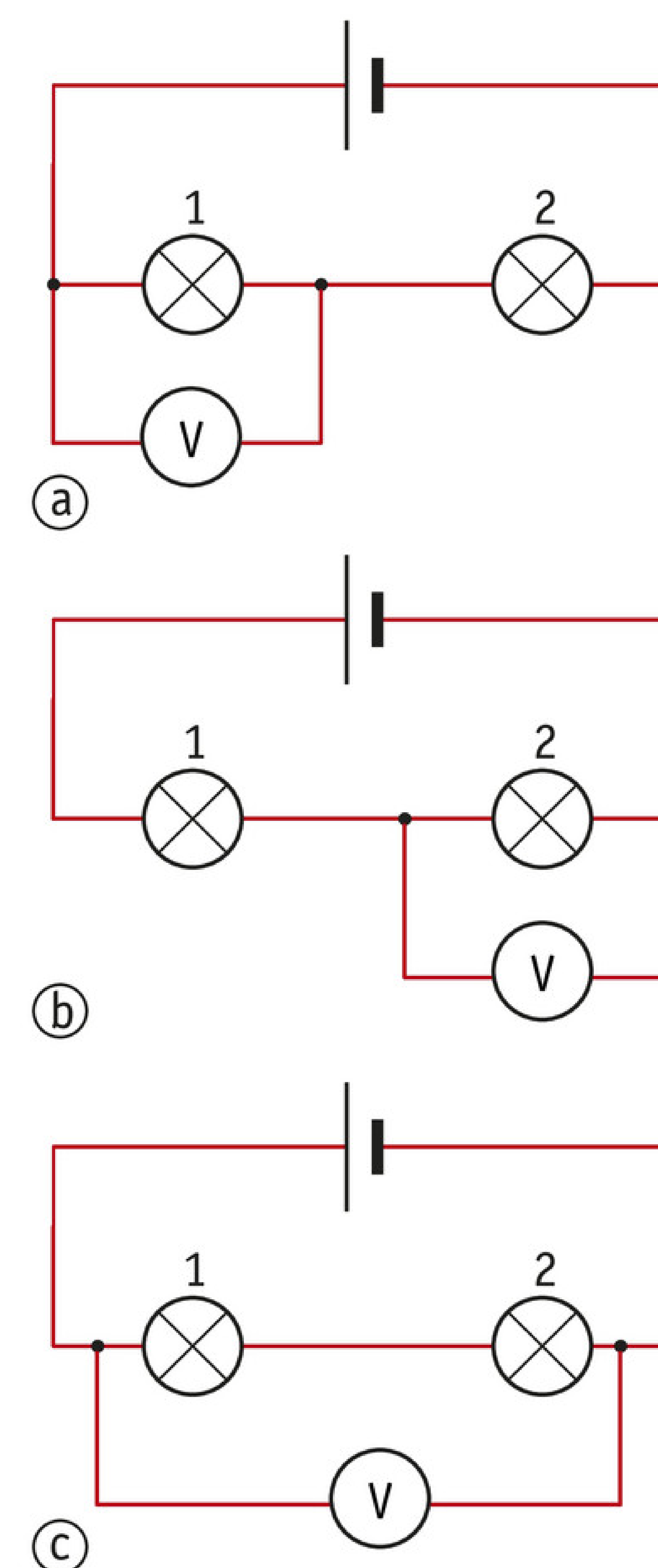
Doel

Je onderzoekt welke regel er geldt voor de spanningen in een serieschakeling.

Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 5 snoeren
- ☐ spanningsmeter

figuur 4 De drie schakelingen van proef 6.



Uitvoeren en uitwerken

De spanning over lampje 1

- Maak de schakeling van figuur 4a.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de spanning af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de spanningsmeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.

1 De spanning over lampje 1 = ... V.

De spanning over lampje 2

- Maak de schakeling van figuur 4b.
- Lees de spanning af.

2 De spanning over lampje 2 = ... V.

De spanning over beide lampjes samen
- Maak de schakeling van figuur 4c.
- Lees de spanning af.

3 De spanning over lampje 1 en 2 samen = ... V.

4 Vergelijk de spanning van de spanningsbron met de spanningen die jij gemeten hebt. Wat valt je op?

....

....

5 Welke regel geldt er voor de spanningen in een serieschakeling?

....

....

PROEF 7 DE STROOMSTERKTE IN EEN PARALLELSCHAKELING

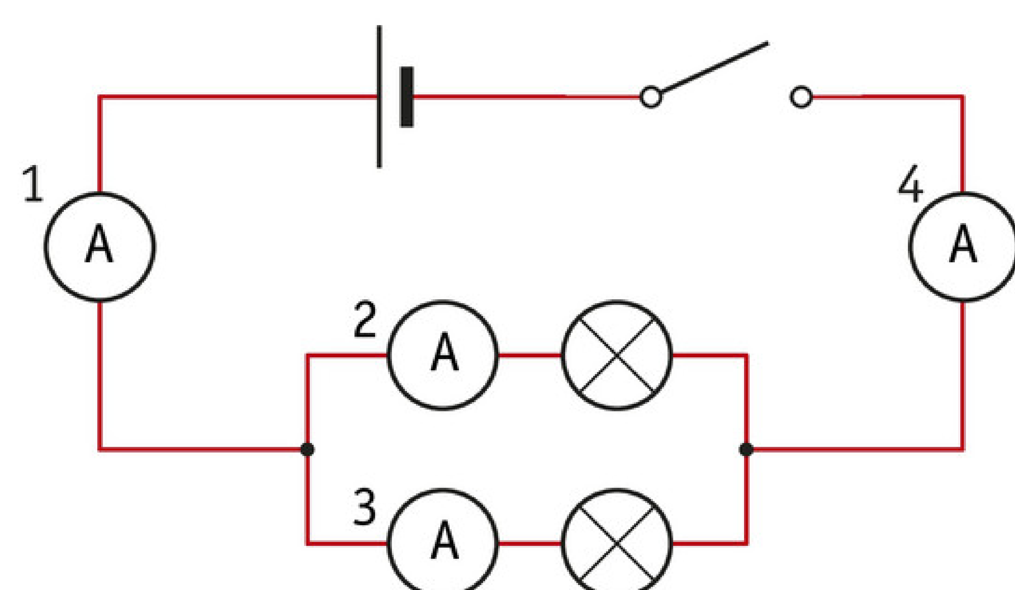
20 minuten

Inleiding
Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een parallelschakeling meten. Je kunt de stroom daarbij op verschillende plaatsen meten: in de vertakkingen en in de niet-vertakte delen van de schakeling.

Doel
Je onderzoekt welke regel er geldt voor de stroomsterktes in een parallelschakeling.

Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 6 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ schakelaar

Uitvoeren en uitwerken
- In figuur 5 staat een parallelschakeling waarin op vier plaatsen een stroommeter getekend is. Bij deze proef meet je de stroomsterktes op deze vier plaatsen.



figuur 5 De schakeling van proef 7.

1 Wat denk je: welk verband bestaat er tussen de stroomsterktes die je op deze vier plaatsen kunt meten?

....

....

....

- Bouw de schakeling van figuur 5. Sluit de stroommeter aan op plaats 1.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de stroomsterkte af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de stroommeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.

2 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 1?

....

- Verander de schakeling door de stroommeter op plaats 2 aan te sluiten.
- Meet de stroomsterkte op plaats 2 zo nauwkeurig mogelijk.

3 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 2?

....

- Meet vervolgens ook de stroomsterkte op plaats 3 en plaats 4.

4 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 3 en 4?

....

5 Kijk nog eens naar de voorspellingen die je bij opdracht 1 hebt gedaan. Klopten je voorspellingen?

....

....

6 Welke regel geldt er voor de stroomsterktes in een parallelschakeling?

....

....

....

PROEF 8 EEN ONTWERP MAKEN – DE MISTLAMPSCHAKELING

45 minuten

Inleiding

Stel je voor: in een auto moet een mistlamp gemonteerd worden. Het is de bedoeling dat de mistlamp alleen aangezet kan worden als de gewone verlichting van de auto al brandt. Jij bent bij deze opdracht de ontwerper die een bruikbare oplossing moet verzinnen.

Doel

Bij deze proef bedenk en test je een schakeling voor de autoverlichting, inclusief de mistlamp. Je prototype moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

Ontwerpeisen
- De schakeling bestaat uit 5 lampjes en 2 schakelaars.
- De lampjes 1 en 2 stellen de koplampen voor.
- De lampjes 3 en 4 stellen de achterlichten voor.
- Lampje 5 stelt het mistachterlicht voor.
- De koplampen en de achterlichten kunnen met schakelaar 1 aan- en uitgezet worden.
- Het mistachterlicht kan met schakelaar 2 aangezet worden, maar alleen als de koplampen en de achterlichten branden.

Nodig

Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de opdracht kunt uitvoeren. Wat voor schakeling ga je maken, welke practicumspullen heb je daarvoor nodig, hoe ga je testen of de schakeling goed werkt?

1 Maak een werkplan voor deze opdracht.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Bouw de schakeling en probeer hem uit.

2 Maak een testverslag met daarin:

a een schakeling die aan alle ontwerpeisen voldoet.

b de tests die je hebt uitgevoerd en de resultaten daarvan.

c eventuele veranderingen die je in je schakeling hebt aangebracht.

....

....

....

....

....

....

Wedstrijd op zonne-energie



Op de laatste racedag bouwde het Nuon Solar Team (Universiteit Delft) zijn voorsprong op de belangrijkste concurrenten – Michigan (VS), Tokai (Japan) en Punch Powertrain (België) – verder uit. Red Shift (Universiteit Twente) moest nog een tijdstraf van een halfuur uitzitten en zakte weg in het eindklassement. Met overmacht won het Nuon Solar Team de veertiende Bridgestone World Solar Challenge, het officieuze wereldkampioenschap voor zonneauto's in Australië. Het team deed, met zonneauto Nuna9, vier dagen en ruim zes uur over de 3000 kilometer lange race. Het is alweer de zevende keer dat het Nuon Solar Team wereldkampioen zonneracen is geworden.

De *World Solar Challenge*

Elke twee jaar verzamelen zich enkele tientallen teams voor de *World Solar Challenge*, een race voor zonneauto's door de Australische *outback*. Het parcours loopt van Darwin in het noorden naar Adelaide in het zuiden, over een afstand van meer dan 3000 km. Vooral voor de coureurs is de race flink afzien. Ze zitten vijf of zes dagen opgesloten in een piepkleine cabine waarin de temperatuur kan oplopen tot wel 50 °C.

Op 8 oktober 2017 ging er weer een editie van start. Net als in 2013 en in 2015 deden er drie Nederlandse teams mee: het Nuon Solar Team van de Universiteit in Delft (figuur 1), het Solar Team Twente van de Universiteit in Twente en het Solar Team Eindhoven van de Technische Universiteit Eindhoven. De wagen uit Eindhoven won in de Cruiserklasse met de Stella Vie. In deze klasse, die in 2013 geïntroduceerd is, rijden auto's die iets praktischer in gebruik zijn, met twee tot vier inzittenden. In deze klasse is het team uit Eindhoven ongeslagen: ze wonnen tot nu toe alle edities.

Rijden op zonlicht

De wagentjes die aan de *World Solar Challenge* meedoen, rijden voor 100% op zonne-energie. De Nuna9 van het Nuon Solar Team heeft daarvoor zonnecellen van galliumarsenide, met een totale



figuur 1 Coureur Lisanne de Rooij in de Nuna9 van het Nuon Solar Team.



figuur 2 Om zoveel mogelijk zonlicht op te vangen worden de zonnepanelen schuin opgesteld.

oppervlakte van slechts 2,64 m^2. Als de zon flink schijnt, is dat voldoende voor een snelheid van 110 km/h. Sneller mogen de wagentjes niet: ze moeten zich net als het overige verkeer aan de Australische maximumsnelheid houden.

Bij zonnig weer produceren de zonnecellen meestal meer elektrische energie dan er op dat moment nodig is. Die energie gaat niet verloren: het overschot wordt tijdelijk opgeslagen in accu's. Dat is handig als er later op de dag een tekort aan energie ontstaat, bijvoorbeeld doordat er opeens bewolking voor de zon schuift. Dan wordt de opgeslagen energie uit de accu's gehaald en gebruikt om de zonneauto aan te drijven.

Opladen en ontladen

De accu's spelen ook een belangrijke rol bij de start. Om snel op te kunnen trekken, is veel vermogen nodig, oftewel veel energie in weinig tijd. Bezitters van een auto met verbrandingsmotor kunnen daarover meepraten: snel wegscheuren slurpt benzine. Voor een zonneauto geldt hetzelfde (als je benzine vervangt door elektrische energie). Omdat de zonnecellen maar een beperkt vermogen kunnen leveren, moeten de accu's flink bijspringen voor een snelle start.

"Australië is wel een zonnig land, maar de zon schijnt niet altijd."

De accu's worden daarom 's ochtends voor de start opgeladen met behulp van de zonnecellen. Ook tijdens stops proberen de deelnemers om hun accu's maximaal op te laden. Daarom stellen ze de zonnepanelen schuin op, om zoveel mogelijk zonlicht op te vangen (figuur 2). Hoe meer elektrische energie ze in hun accu's kunnen opslaan, des te groter zijn hun kansen in de race.

Het voortdurend opladen en ontladen van de accu's is niet zonder risico's. Bij een van de deelnemende teams ontstond een paar jaar geleden zelfs brand in de accu's. Veel zonneauto's zijn daarom voorzien van een speciaal *Battery Management System*, dat continu de lading van de accu's in de gaten houdt. Het systeem zorgt ervoor dat de accu's niet overladen worden of juist te ver ontladen, want in beide gevallen kunnen ze in brand vliegen.

Strategisch rijden

Een slim ontworpen zonneauto is geen garantie dat je de race ook wint. Daarvoor moet je ook slim rijden. Als het weer niet erg zonnig is, kun je niet de hele tijd op topsnelheid rijden. Dan raken de accu's al ver voor de finish uitgeput. Te langzaam rijden is natuurlijk ook geen goed idee. Je wilt de energie die in de accu's zit, zo volledig mogelijk benutten.

De succesvolle teams volgen daarom een uitgekiende strategie. In de volgauto die achter de zonneauto aanrijdt, wordt daar constant aan gewerkt. De teamleden krijgen gegevens door van de elektronica in de zonneauto over de energieproductie van de zonnecellen en de ladingstoestand van de accu's. Ook volgen ze het weerbericht op de voet. Al die gegevens gebruiken ze om de optimale snelheid voor de zonneauto te berekenen. Die wordt vervolgens doorgegeven aan de coureur.

De derde en vierde racedag bleken beslissend, toen het weer in de Australische outback omsloeg: donkere wolken, harde wind en zelfs regen zetten de toon. Juist in deze omstandigheden liep het Nuon Solar Team uit naar een voorsprong van twee uur.



figuur 3 Het Nuon Solar Team wordt voor de zevende keer wereldkampioen.

Bij zware bewolking nam de coureur gas terug. Aerodynamicus Jasper Hemmes: "Omdat Nuna zo licht en gestroomlijnd is, konden we ook bij harde wind met weinig energie veel snelheid maken. We werden als het ware vooruit gezogen door de wind, dankzij ons aerodynamische ontwerp." Strateeg Stijn Burger vult aan: "Dankzij goede informatie van ons meteoteam konden we bovendien waar mogelijk de gaten in het wolkendek vinden, zodat we zoveel mogelijk zon opvingen."

Finish

Het team van Twente eindigde uiteindelijk als vijfde. Twee eerste plaatsen en een vijfde plaats zijn natuurlijk fantastische prestaties, maar de concurrentie zit niet stil (figuur 3). Er zijn in Delft, Twente en Eindhoven vast genoeg enthousiaste studenten te vinden om van de volgende *World Solar Challenge* weer een spannend hightech evenement te maken.

PECH VOOR UMICORE

Het Umicore Solar Team uit België had een paar jaar geleden flinke tegenslag in de *World Solar Challenge*. Het team lag op een verdienstelijke vierde plaats toen er op circa 200 km van de finish brand ontstond in de accu's. De coureur en enkele teamleden die rook inademden werden naar het ziekenhuis gebracht voor controle, maar mochten het snel weer verlaten. Na een spoedreparatie kon er verder worden gereden met de reserveaccu's.

OPDRACHTEN

1

Tijdens stops worden de zonnepanelen schuin opgesteld.

a In welke richting moet de coureur de zonnepanelen dan kantelen?

b Hoe komt het dat de accu's in die stand sneller worden opgeladen?

2

Leg uit waarom de accu's van een zonneauto worden bijgeschakeld in de volgende situaties.

a als de zon achter de wolken verdwijnt.

b als de zonneauto tegen een helling oprijdt.

c als de coureur een andere auto gaat inhalen.

3

Bij zware bewolking nam de coureur gas terug.

a Leg uit wat de coureur precies bedoelde met 'gas terugnemen'.

b Leg uit waarom het nodig was dat hij op die manier ingreep.

4

Stel je voor: in het elektrisch systeem van een zonneauto zitten drie schakelaars:

- schakelaar 1: tussen de zonnepanelen en de accu's;
- schakelaar 2: tussen de zonnepanelen en de motor;
- schakelaar 3: tussen de accu's en de motor.

Welke schakelaars staan open (UIT) en welke dicht (AAN):

a als de accu's voor een wedstrijd zo ver mogelijk worden opgeladen?

b als de auto tijdens de wedstrijd snel tegen een helling omhoog rijdt?

c als de auto bij zonnig weer met 110 km/h over een vlakke weg rijdt?

Leerstofoverzicht

4.1 EEN STROOMKRING MAKEN

ONTHOUD

- Een gesloten stroomkring is een stroomkring zonder onderbrekingen waar een elektrische stroom doorheen kan lopen.
- Stoffen waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen, heten geleiders. Alle metalen zijn geleiders. Koolstof is ook een geleider, al is het geen metaal.
- Stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten, heten isolatoren. Voorbeelden zijn rubber, glas en de meeste soorten plastic.
- Met een stroommeter meet je bijvoorbeeld de stroomsterkte door een lampje. Het maakt niet uit of je de meter voor of na het lampje opneemt in de schakeling: de stroomsterkte is op beide plaatsen gelijk. De eenheid van stroomsterkte is ampère (A).

BEGRIPPEN

geleider
Stof waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen.

isolator
Stof die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaat.

lading
Hoeveelheid elektriciteit. Een elektrische stroom bestaat uit lading die door de onderdelen van een stroomkring beweegt.

schakelaar
Onderdeel van een stroomkring waarmee je de stroomkring kunt openen of sluiten.

stroomkring
Geheel van geleidende delen van snoeren, lampen enzovoort, waar stroom doorheen kan lopen.

stroommeter
Instrument waarmee je kunt bepalen hoe groot de stroom door een stroomkring is.

stroomsterkte
Hoeveelheid lading die per seconde voorbijkomt op een punt in de schakeling.

4.2 SPANNINGSBRONNEN

ONTHOUD

- Je kunt de vermelde spanning op een spanningsbron controleren met een spanningsmeter. Daarvoor moet je de spanningsmeter verbinden met de pluspool en de minpool van de batterij. De spanning meet je in volt (V).
- Een elektrische spanning kun je vergelijken met de spanning van een opgeblazen ballon. Hoe groter de spanning, hoe groter de ‘druk’ waarmee de lading door een stroomkring wordt gevoerd.
- Er bestaat een elektrisch onderdeel dat zich net zo gedraagt als een ballon: een condensator. In de condensator kun je lading opslaan. De condensator levert geen constante spanning.
- In een stroomkring gebruik je vaak een spanningsbron (bijvoorbeeld een batterij) die een constante spanning levert.
- Gewone batterijen kun je maar één keer gebruiken. Herbruikbare batterijen kun je opladen door de stroom er in omgekeerde richting doorheen te sturen.
- Als je batterijen op de juiste manier (‘plus aan de min’) in serie schakelt, mag je hun spanningen bij elkaar optellen.
- Een spanning van 230 V (de netspanning) kan levensgevaarlijk zijn. De spanning van een normale batterij is ongevaarlijk.
- De stoffen in batterijen zijn schadelijk voor het milieu. Daarom horen lege batterijen bij het klein chemisch afval.

BEGRIPPEN

chemische spanningsbron
Spanningsbron waarin de spanning wordt opgewekt met behulp van een chemische reactie.

herbruikbare batterij
Batterij die je opnieuw kunt opladen.

netspanning
Spanning die op stopcontacten staat. In Nederland is dit 230 V.

spanning
Een soort ‘elektrische druk’: hoe groter de spanning, hoe groter de ‘druk’ waarmee de lading door de stroomkring wordt gevoerd.

spanningsbron
Onderdeel van een stroomkring dat de spanning levert. Bijvoorbeeld een batterij of een accu.

spanningsmeter
Instrument waarmee je de spanning kunt meten.

transformator
Apparaat dat netspanning omzet in een andere (meestal lagere) spanning.

4.3 SCHAKELINGEN

ONTHOUD

- In een schakelschema geef je elektrische componenten weer met symbolen.

component	symbool	component	symbool	component	symbool
snoer		lampje		stroommeter	A
batterij		schakelaar	open dicht	bel	
gelijk-spanning		spannings-meter	V	motor	M
wissel-spanning		stopcontact		led	

- De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot.
- De spanning die de batterij levert wordt in een serieschakeling van lampjes verdeeld over de lampjes.
- In een parallelschakeling van lampjes is de totale stroomsterkte (de stroomsterkte die de batterij levert) gelijk aan de som van de stroomsterktes in de takken.
- In een parallelschakeling van lampjes krijgt elk lampje dezelfde spanning: de bronspanning.
- In een parallelschakeling kun je elk lampje apart aan- en uitdoen. Als een lamp doorbrandt, blijven de andere gewoon branden.

BEGRIPPEN

bronspanning
Spanning van de spanningsbron, bijvoorbeeld een batterij.

gemengde schakeling
Schakeling waarin sommige onderdelen in serie geschakeld zijn en andere parallel.

parallelschakeling
Schakeling met meerdere stroomkringen.

schakelschema
Overzichtelijke tekening van een schakeling, weergegeven met symbolen.

serieschakeling
Schakeling die bestaat uit één stroomkring zonder vertakkingen.

totale stroomsterkte
Stroomsterkte in de onvertakte delen van een parallelschakeling.

4.4 VERMOGEN EN ENERGIE

ONTHOUD

- Het vermogen geeft aan hoeveel elektrische energie een apparaat in een seconde verbruikt. Apparaten met een groot vermogen verbruiken meer energie in een seconde dan apparaten met een klein vermogen. De eenheid van vermogen is watt (W).
- Het vermogen van een elektrisch apparaat bereken je met de formule: $P = U \cdot I$.
- Het energieverbruik van een elektrisch apparaat hangt af van het vermogen van het apparaat en de tijd dat het apparaat is ingeschakeld.
- De capaciteit van een batterij bereken je met de formule: $C = I \cdot t$.

BEGRIPPEN

capaciteit
Maat voor de totale hoeveelheid lading die een batterij kan leveren. Een batterij met een grote capaciteit is minder snel leeg dan eentje met een lage capaciteit (bij hetzelfde gebruik).

vermogen
Hoeveelheid elektrische energie die een apparaat per seconde verbruikt.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

Vaardigheden

ONDERZOEK DOEN

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om onderzoek te doen. Je werkt met practicumapparatuur, voert metingen uit, tekent grafieken en maakt berekeningen. Dit deel van het boek gaat over de vaardigheden die je daarvoor nodig hebt.



1 Onderzoek doen

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om zelf onderzoek uit te voeren. Bij het doen van onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag**

Meestal staat de onderzoeksvraag al in het boek vermeld. Dan ben je natuurlijk snel klaar. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Je moet wel een idee hebben hoe je jouw vraag kunt beantwoorden.

Stap 2 **Maak een werkplan**

In je werkplan schrijf je op:

- welke materialen en apparatuur je nodig hebt;
- welke opstelling je gaat bouwen (maak een tekening);
- welke grootheden je gaat meten;
- (eventueel) welke formules je gaat gebruiken.

In figuur 1 zie je een voorbeeld van zo'n werkplan.

Werkplan van: Eileen en Jamila

Onderzoeksvraag: Wat is de hoogste toon die we kunnen horen?

1 Materialen en apparatuur

* Toongenerator
* Versterker
* Hoge-tonen-luidspreker

2 Opstelling

toon-
generator
versterker
luidspreker

3 Metingen

Jamila maakt met de toongenerator een steeds hogere toon. Eileen zegt 'stop' als ze geen geluid meer hoort. Jamila kijkt dan op de toongenerator hoe hoog de toon is. Dit doen we een paar keer om te zien of er steeds hetzelfde uitkomt. Daarna gaan we de proef nog eens doen, maar nu luistert Jamila en draait Eileen aan de toongenerator.

figuur 1 Zo ziet een werkplan eruit.

Stap 3 **Uitvoeren en uitwerken**

Je gaat nu metingen uitvoeren en uitwerken.
Zie ook de vaardigheden 5 tot en met 11.

Stap 4 **Conclusies trekken**

Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Probeer een antwoord te geven op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af wat er in je onderzoek beter had gekund.

Stap 5 **Een verslag maken**

Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie de vaardigheid *Een verslag schrijven*.

2 Werken met grootheden en eenheden

Bij proeven en onderzoeksopdrachten doe je vaak metingen. Je gebruikt een meetinstrument om een getalwaarde te vinden voor een eigenschap, zoals de lengte of de temperatuur.

Grootheden

Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten met een meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte, massa en temperatuur. Je kunt deze grootheden meten met een meetlat (voor de lengte, zie figuur 2), een weegschaal (voor de massa) en een thermometer (voor de temperatuur).



figuur 2 Je meet de grootheid lengte in de eenheid meter.

Eenheden

Om een grootheid te kunnen meten, moet je eerst een maat met elkaar afspreken. Zo'n maat noem je een eenheid. Je meet je lengte in meters, je massa in kilogrammen en je lichaamstemperatuur in graden Celsius.

Voor elke grootheid bestaat een internationaal erkende SI-eenheid, zoals de meter voor de lengte, de seconde voor de tijd en ampère voor de stroomsterkte. In het dagelijks leven worden daarnaast ook andere eenheden gebruikt. Mensen doen dat, omdat ze zo'n eenheid handiger vinden of omdat ze het nu eenmaal zo gewend zijn.

Meetresultaten noteren

- Ga voor de meting na in welke eenheid je meetinstrument de uitkomst weergeeft. Vaak is dat meteen duidelijk, maar soms moet je eerst even goed kijken.
- Noteer een meetresultaat altijd meteen nadat je de meting hebt gedaan.
- Doe je maar één meting? Noteer het meetresultaat dan in de vorm:
  [grootheid] = [getal] [eenheid].
  Bijvoorbeeld: massa = 237 gram of: m = 237 g.
- Doe je een serie metingen? Noteer je meetresultaten dan in een tabel. Zet boven elke kolom met getallen:
  - welke grootheid je hebt gemeten;
  - welke eenheid je hebt gebruikt (tussen haakjes).

In tabel 1 vind je een overzicht van de grootheden en eenheden die je in dit boek tegenkomt. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veel gebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van km/h naar m/s). Zie daarover vaardigheid 4.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	afkorting	SI-eenheid	afkorting	andere eenheid	afkorting
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	gram per kubieke centimeter	g/cm^3
frequentie	*f*	hertz	Hz	-	-
lengte, afstand	*l*	meter	m	-	-
luchtdruk, gasdruk	*p*	pascal	Pa	bar	-
massa	*m*	kilogram	kg	-	-
snelheid	*v*	meter per seconde	m/s	kilometer per uur	km/h
spanning	*U*	volt	V	-	-
stroomsterkte	*I*	ampère	A	-	-
temperatuur	*T*	kelvin	K	graden Celsius	°C
tijd	*t*	seconde	s	minuut, uur	min, h
vermogen	*P*	watt	W	-	-
volume	*V*	kubieke meter	m^3	liter	L

3 Werken met voorvoegsels

Soms is een eenheid onhandig groot of juist onhandig klein. Daarom is er een manier bedacht om eenheden 'op maat' te kunnen maken.

De voorvoegsels in tabel 2 kun je in principe voor elke eenheid zetten. Zo kun je afgeleide eenheden maken die 10, 100 of 1000 keer zo groot óf zo klein zijn als de originele eenheid. Op die manier kun je de grootte van de eenheid aanpassen aan de situatie: kilogrammen voor de massa van je lichaam, milligrammen voor de werkzame stof in een tablet.

In de praktijk worden sommige combinaties veel gebruikt en andere (bijna) nooit. De decibel (dB) is bijvoorbeeld een populaire eenheid, de decivolt (dV) en de deciwatt (dW) kom je nooit tegen.



figuur 3 Een pijnstiller met 500 mg werkzame stof per tablet.

Een eenheid kiezen

- Kijk bij proeven welke eenheid op het meetinstrument vermeld staat. Meestal is het het handigst om die eenheid te gebruiken.
- Kies een kleinere eenheid, als je anders op een erg klein getal (< 0,1) uitkomt. Noteer de uitkomst van een volumemeting bijvoorbeeld als 25 mL en niet als 0,025 L.
- Gebruik een grotere eenheid, als je anders op een erg groot getal (> 1000) uitkomt. Noteer de uitkomst van een berekening bijvoorbeeld als 340 km en niet als 340 000 m.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van mA naar A). Zie daarover vaardigheid 4.

tabel 2 Voorvoegsels en hun betekenis.

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
kilo	k	1000	1 kg = 1000 g
hecto	h	100	1 hPa = 100 Pa
deca	da	10	1 dam = 10 m
deci	d	1/10 = 0,1	1 dL = 0,1 L
centi	c	1/100 = 0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	1/1000 = 0,001	1 mA = 0,001 A

4 Eenheden omrekenen

Vaak is het nodig om een eenheid om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Dat doe je bijvoorbeeld als je de snelheid in m/s hebt uitgerekend en iemand je vraagt wat dat in km/h is.

Bij het omrekenen van eenheden ga je als volgt te werk:

Stap 1 **Noteer een gelijkheid met links de ene eenheid en rechts de andere.**

Stap 2 **Ga na met welk getal je moet vermenigvuldigen of delen.**

Stap 3 **Voer de juiste vermenigvuldiging of deling uit en noteer het resultaat.**

VOORBEELDOPDRACHT 1
In een maatcilinder zit 0,125 L water. Hoeveel milliliter is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 L gelijk is aan 1000 mL; zie figuur 4.
Stap 2: Je gaat van liter naar milliliter, dus je moet vermenigvuldigen met 1000.
Stap 3: Uitrekenen: Het volume van het water = 0,125 × 1000 = 125 mL

VOORBEELDOPDRACHT 2
Een stroommeter geeft 82 mA. Hoeveel ampère is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 A gelijk is aan 1000 mA.
Stap 2: Je gaat van mA naar A, dus je moet delen door 1000.
Stap 3: Uitrekenen: De stroomsterkte = $\frac{82}{1000}$ = 0,082 A

VOORBEELDOPDRACHT 3
Een fietser rijdt met een snelheid van 5,2 m/s. Hoeveel km/h is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 10 m/s gelijk is aan 36 km/h.
Stap 2: Je gaat van m/s naar km/h, dus vermenigvuldig je met 3,6.
Stap 3: Uitrekenen: De snelheid = 5,2 × 3,6 = 19 km/h



figuur 4 Zoals je op deze maatkan kunt zien, is 1 L gelijk aan 1000 mL.

5 Meetinstrumenten aflezen

Als je een meting doet, lees je een meetwaarde – een getal – af op een meetinstrument. Bij het ene meetinstrument is dat gemakkelijker dan bij het andere.

Een digitaal meetinstrument, zoals een stopwatch of een digitale koortsthermometer, werkt elektronisch. De meetwaarde wordt in cijfers op een scherm weergegeven. Dit soort meters maakt het je erg gemakkelijk: je hoeft alleen de cijfers te noteren.

Een analoog meetinstrument, zoals een maatcilinder of een analoge spanningsmeter, heeft een schaalverdeling. Je leest een maatcilinder af door te kijken bij welk streepje de vloeistofspiegel zich bevindt. Bij een analoge spanningsmeter kijk je bij welk streepje de wijzer stilstaat.

Bij deze meetinstrumenten kun je niet meteen de meetwaarde aflezen.
Eerst moet je weten hoeveel elk streepje 'waard' is. Daar kun je als volgt achterkomen:

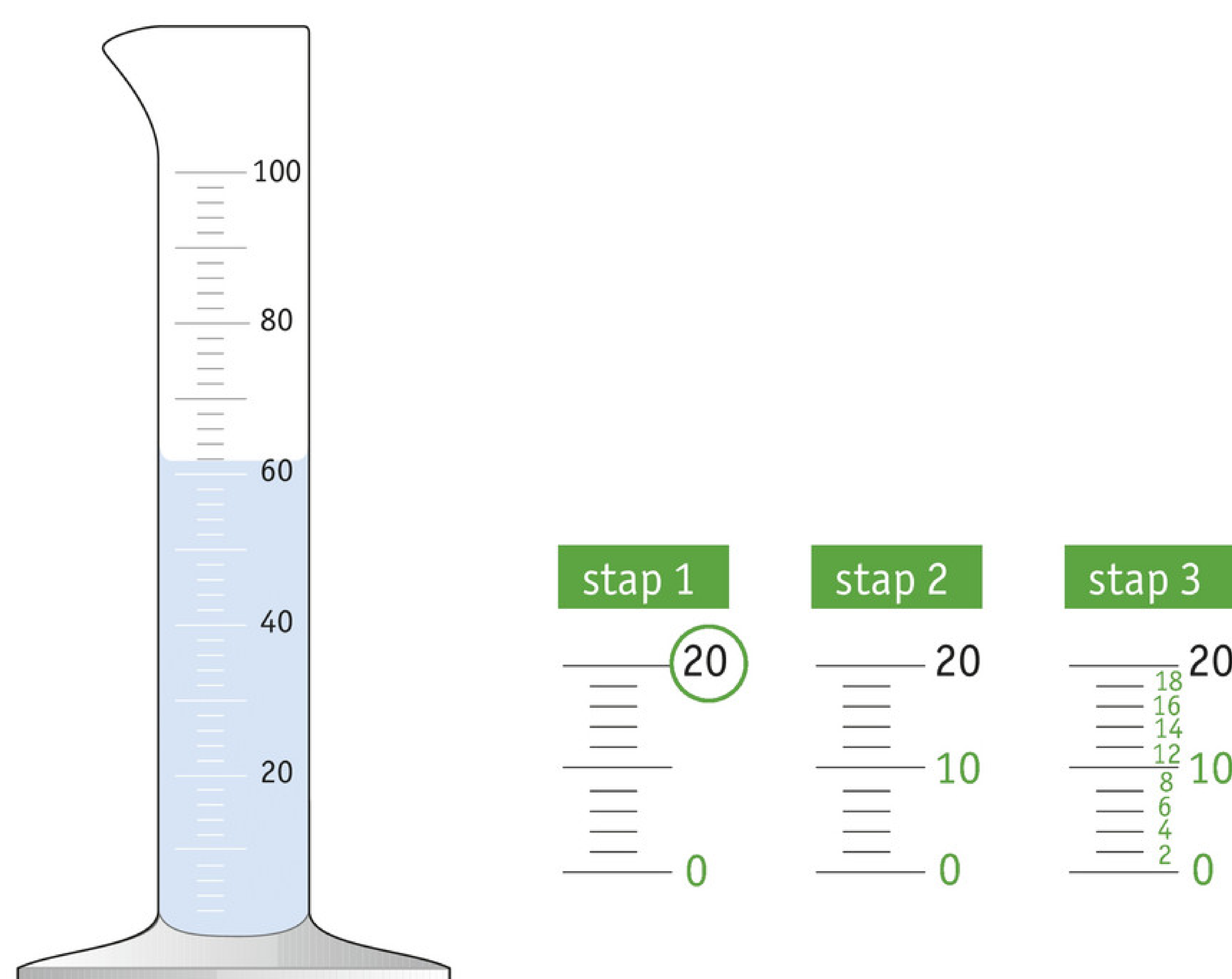
Stap 1 **Ga van de 0 naar het eerste streepje met een getal.**
Bij de maatcilinder in figuur 5 is dat het streepje waar 20 bij staat.

Stap 2 **Ga naar het streepje halverwege de 0 en het eerste getal.**
Bedenk welk getal bij dit streepje hoort. Bij de maatcilinder is dat 10.

Stap 3 **Bedenk nu wat elk streepje van de schaalverdeling waard is.**
Tel van 0 naar het eerste getal om te controleren of alles klopt.
Bij de maatcilinder gaat het goed als je in stappen van 2 mL telt.

Elk streepje van de maatcilinder is dus 2 mL waard.
Ga zelf na dat er 62 mL water in de maatcilinder zit.

Bij andere meetinstrumenten met een schaalverdeling ga je op dezelfde manier te werk.



figuur 5 Zo lees je een maatcilinder af.

6 Werken met een brander

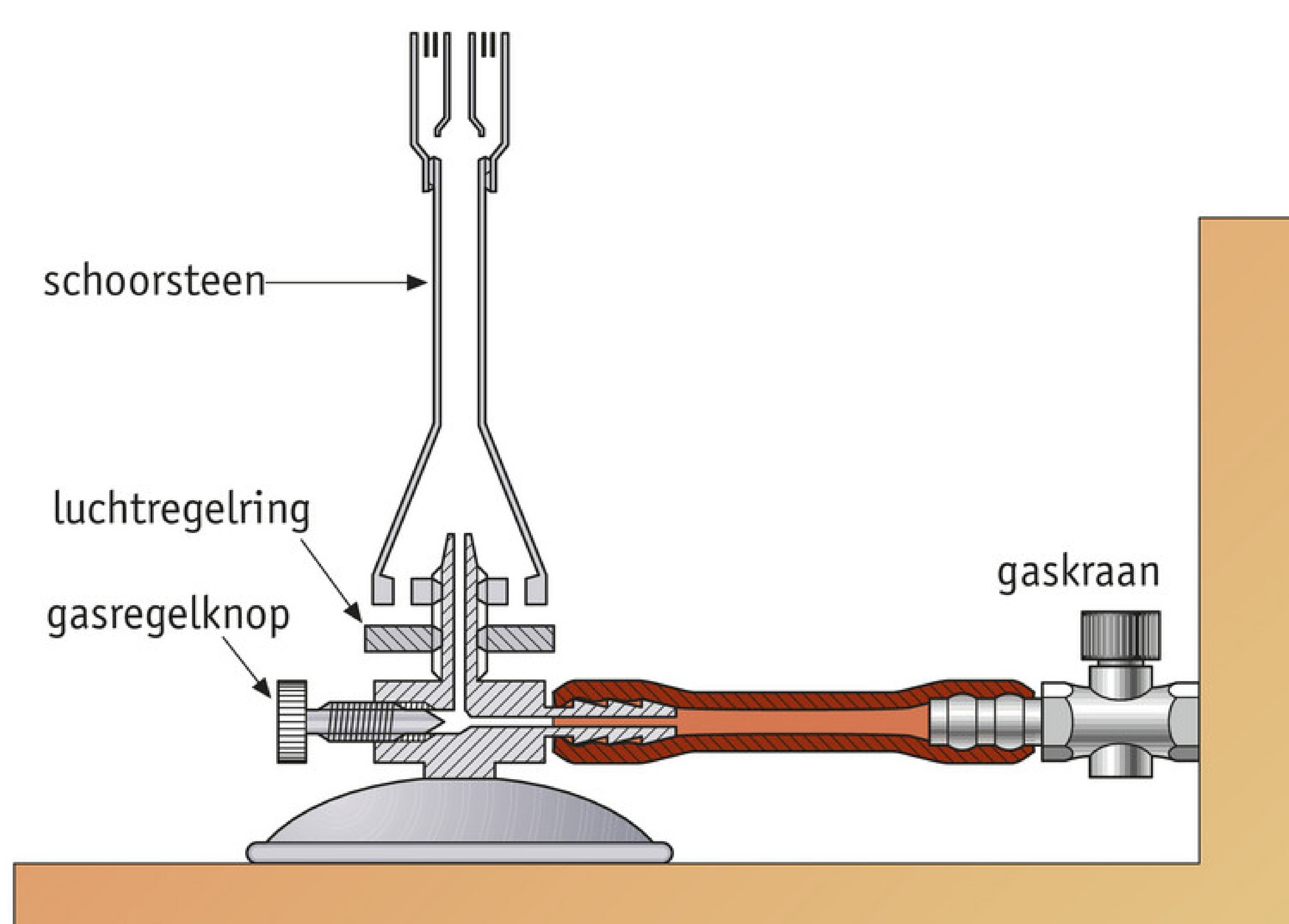
Bij het vak natuur- en scheikunde gebruik je af en toe een brander. Hieronder staat hoe je ermee moet werken.

Veiligheid

- Houd je aan de veiligheidsregels die je docent met je heeft besproken.

Vooraf

- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de brander dicht zijn (figuur 6). Zo niet, draai ze dan dicht.



figuur 6 De onderdelen van een brander.

Aansteken

- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander.
- Draai de gasregelknop open.
- De brander brandt nu met een goed zichtbare, gele vlam.

Verwarmen

- Draai de luchtregelring open.
- De brander brandt nu met een slecht zichtbare, blauwe vlam. Deze blauwe vlam is veel heter dan de gele vlam. Om iets te verwarmen, gebruik je meestal een zacht ruisende, blauwe vlam (en nooit een gele vlam).

Proef onderbreken

- Laat de brander niet alleen als hij met een blauwe vlam brandt.
- Draai altijd eerst de luchtregelring dicht.
- De brander brandt dan met een goed zichtbare gele vlam.

Uitdoen

- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.

7 Werken met een spanningsmeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een spanningsmeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

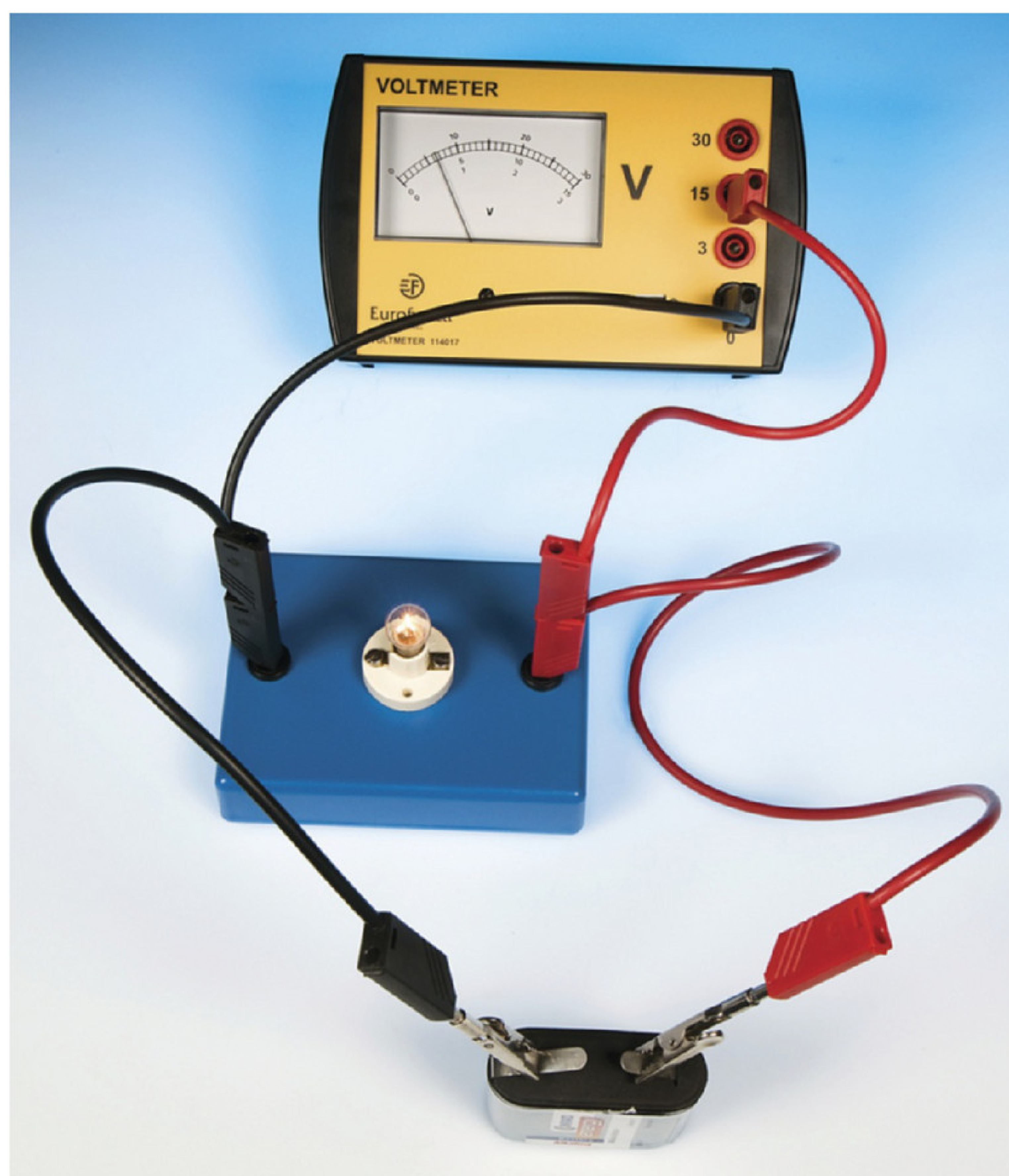
- Om de spanning 'over' een lampje te meten, schakel je de spanningsmeter parallel met het lampje. Zie figuur 7.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

- Veel spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. De meter in figuur 7 heeft bijvoorbeeld drie meetbereiken: 0–3 volt, 0–15 volt en 0–30 volt. Als je het meetbereik van 0–3 volt gebruikt, kun je spanningen meten tot maximaal 3 volt.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna met het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



figuur 7 Zo sluit je een spanningsmeter aan.

8 Werken met een stroommeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

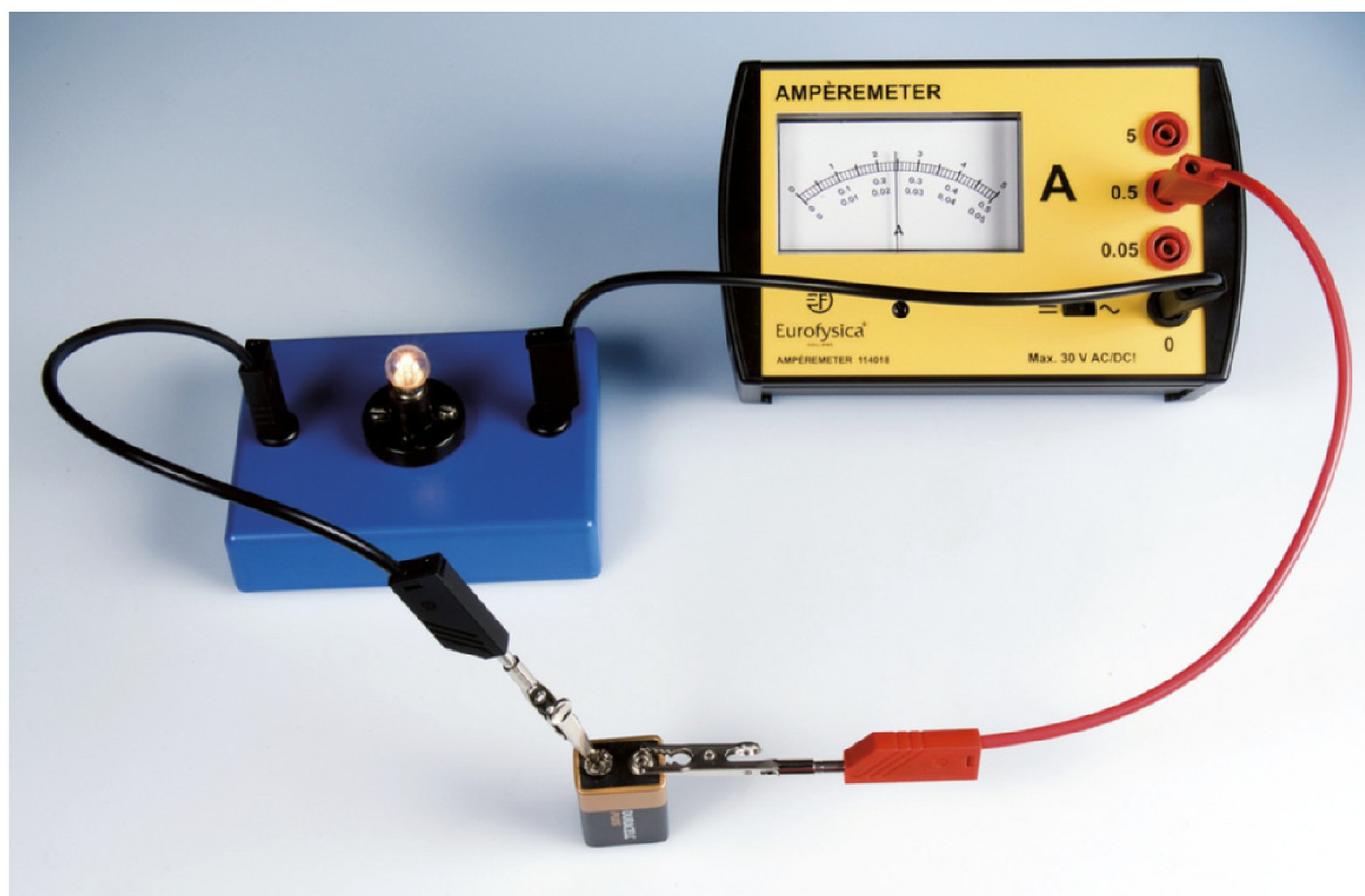
- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de stroommeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

- Meestal kun je op de stroommeter verschillende meetbereiken kiezen. De meter in figuur 8 heeft er drie: 0-50 mA, 0–500 mA en 0-5 A. Als je het meetbereik van 0–500 mA gebruikt, kun je stromen meten tot maximaal 500 mA.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna zo mogelijk met een kleiner meetbereik. Als je ziet dat de stroomsterkte 30 à 40 mA is, schakel je bijvoorbeeld over op 0-50 mA. Dan slaat de wijzer flink ver uit en kun je nauwkeurig aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



figuur 8 Zo sluit je een stroommeter aan.

9 Werken met een multimeter

Bij proeven met elektriciteit kun je een multimeter gebruiken in plaats van een spanningsmeter of een stroommeter. Met een draaiknop op de meter kun je eenvoudig de te meten grootheid en het gewenste meetbereik kiezen (figuur 9).

De spanning meten

- Zet de draaiknop in het gebied DCV of V= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een spanningsmeter: parallel met het lampje.
- Voer een ‘testmeting’ uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de ‘echte’ meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

De stroomsterkte meten

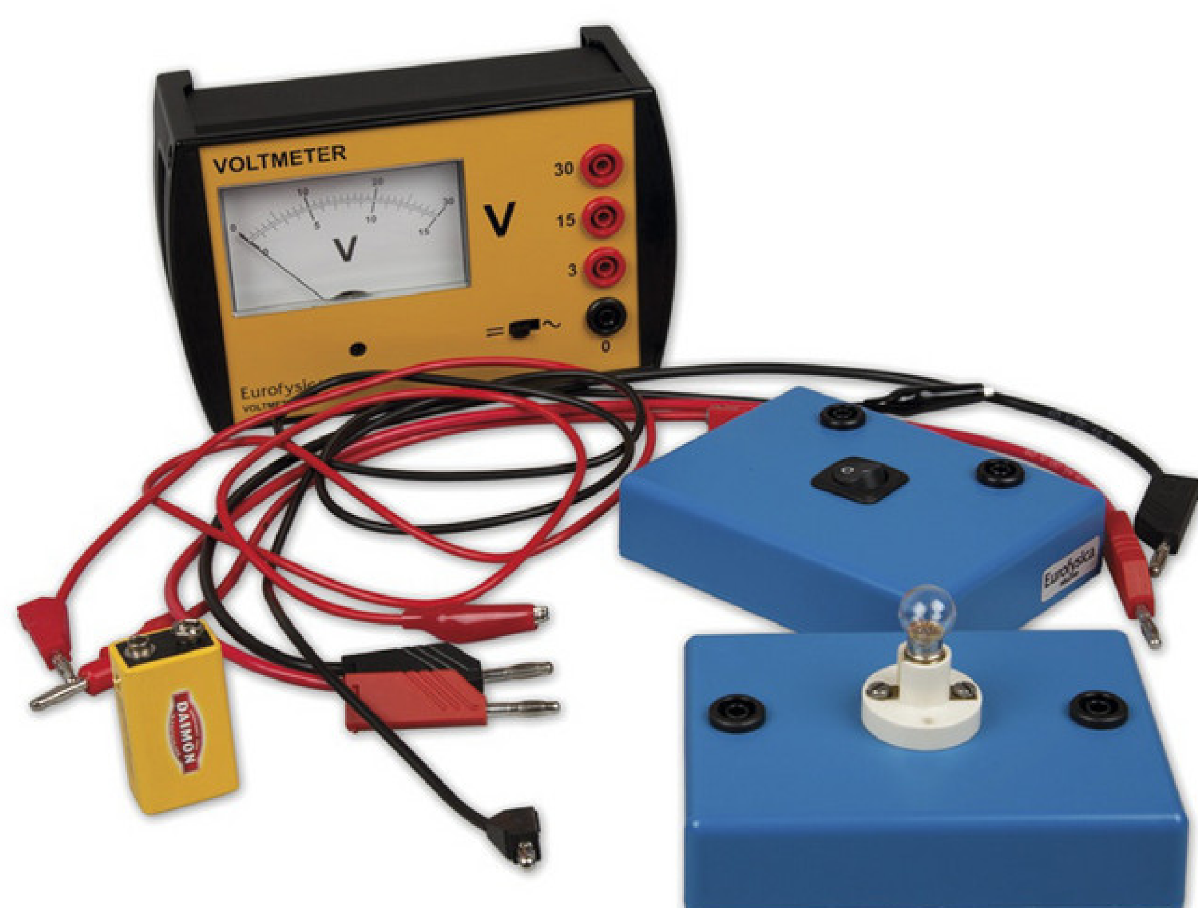
- Zet de draaiknop in het gebied DCA of A= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een stroommeter: in serie met het lampje.
- Voer een ‘testmeting’ uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de ‘echte’ meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

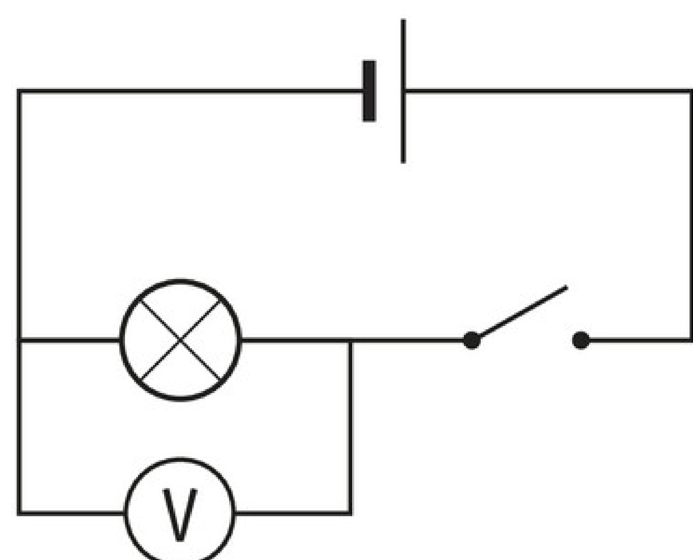


figuur 9 Een multimeter.

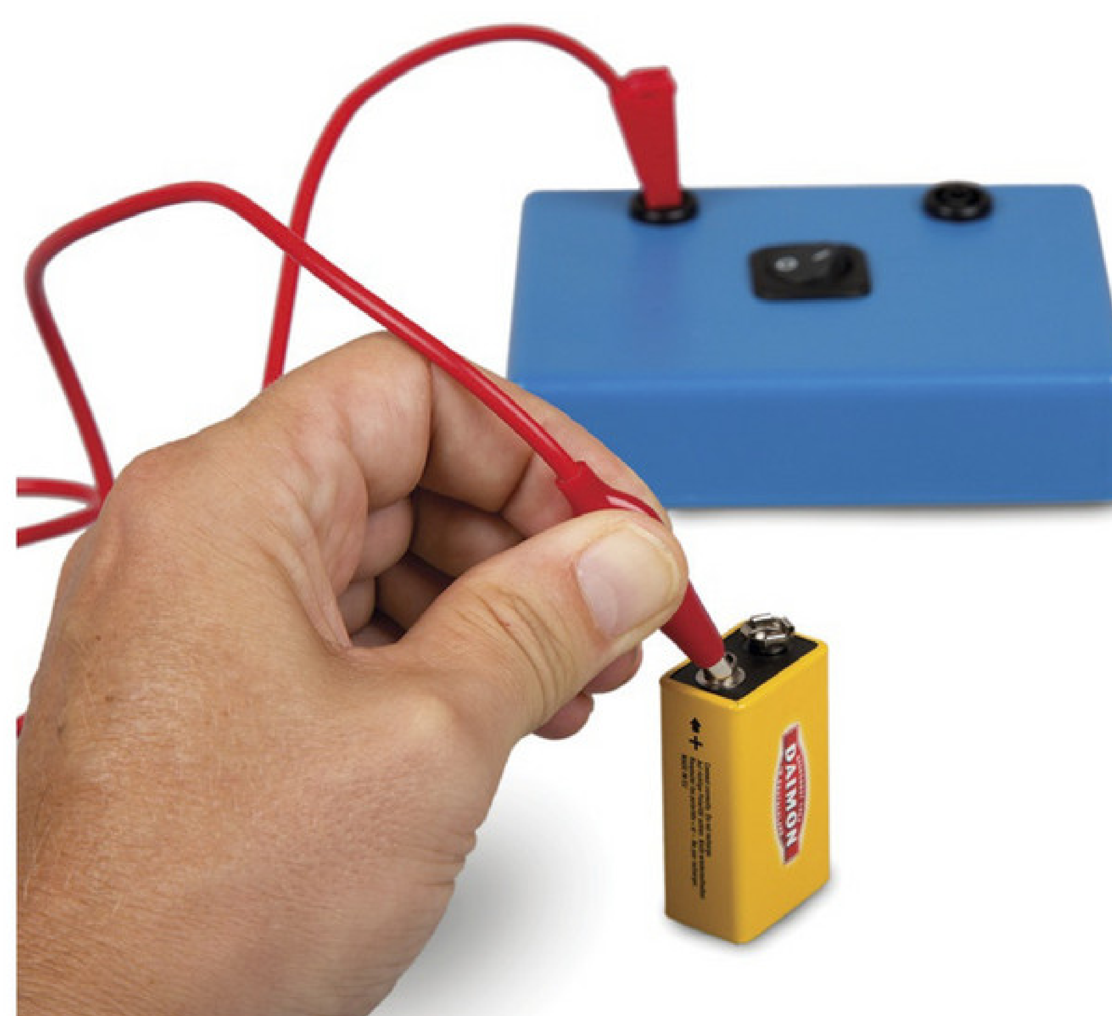
10 Schakelingen bouwen

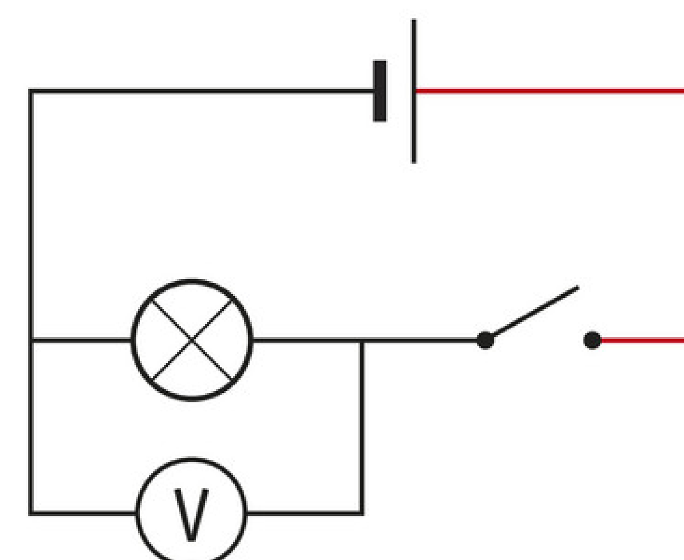
Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. Je kunt zo'n schakeling het beste stap voor stap opbouwen. In figuur 10 zie je hoe dat werkt.



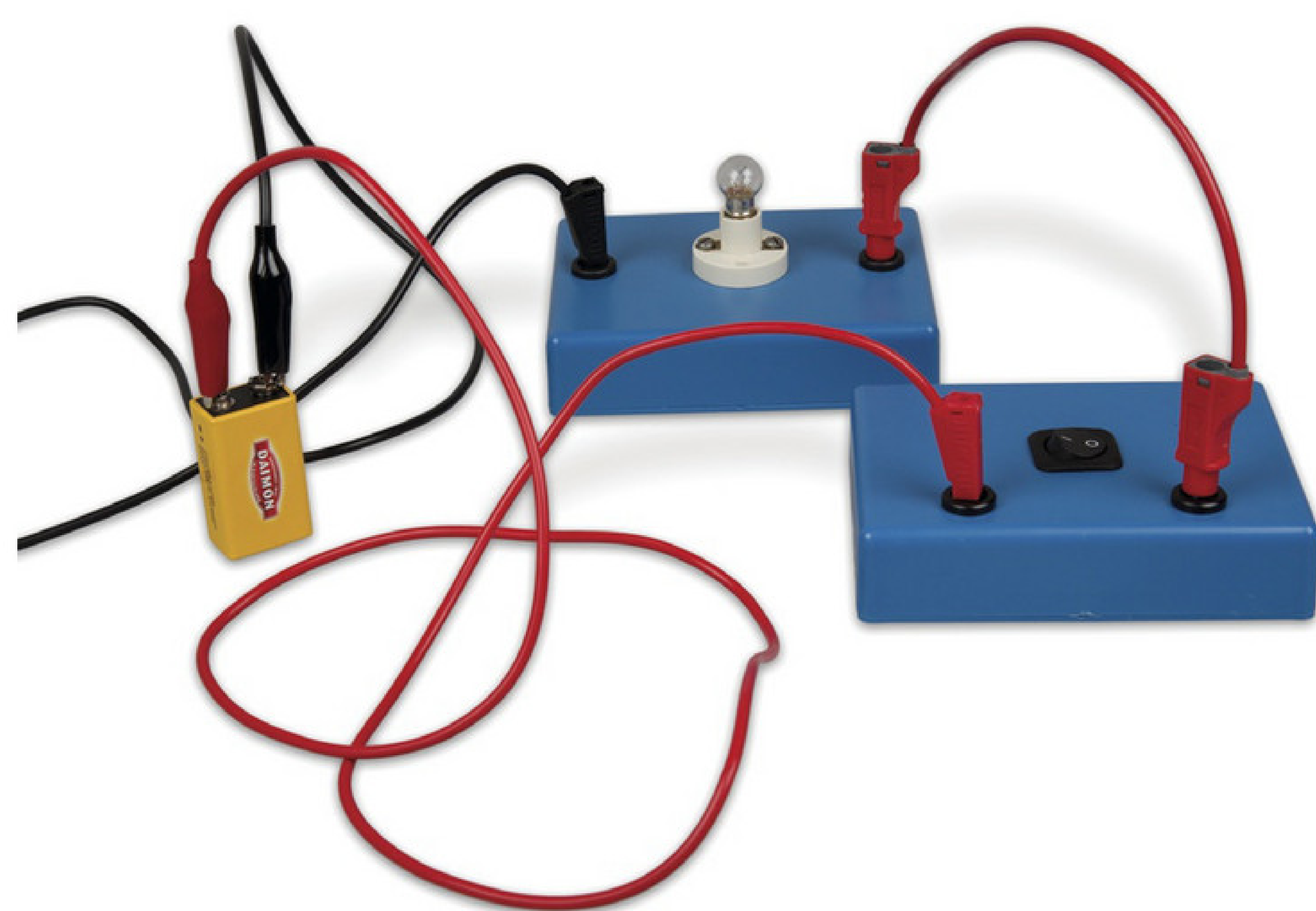


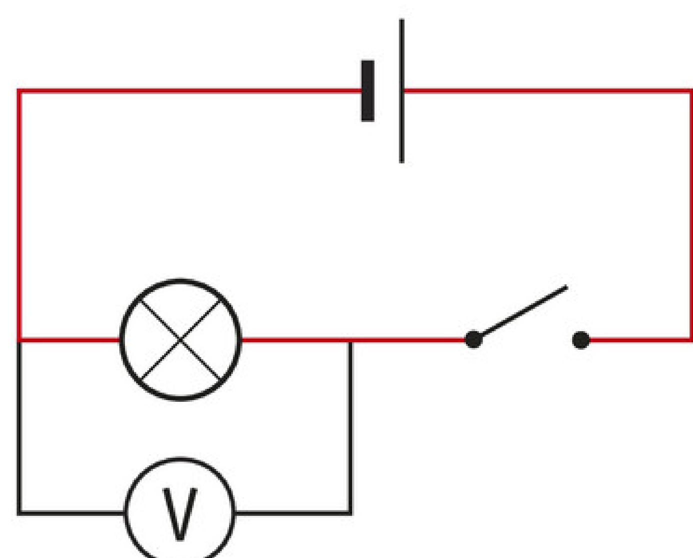
1 Verzamel de verschillende onderdelen.





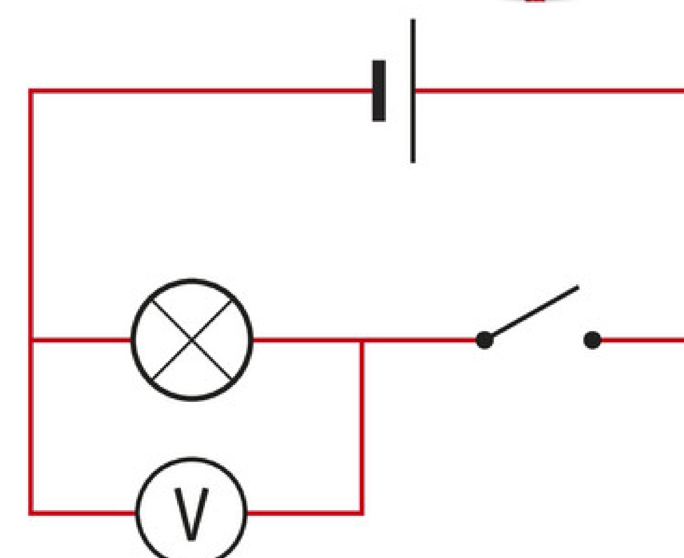
2 Begin met een rood snoer aan de plus-kant.





3 Sluit het lampje en de schakelaar aan: in serie.





4 Sluit de spanningsmeter aan: parallel met het lampje.

figuur 10 Een schakeling bouwen.

11 Werken met een oscilloscoop

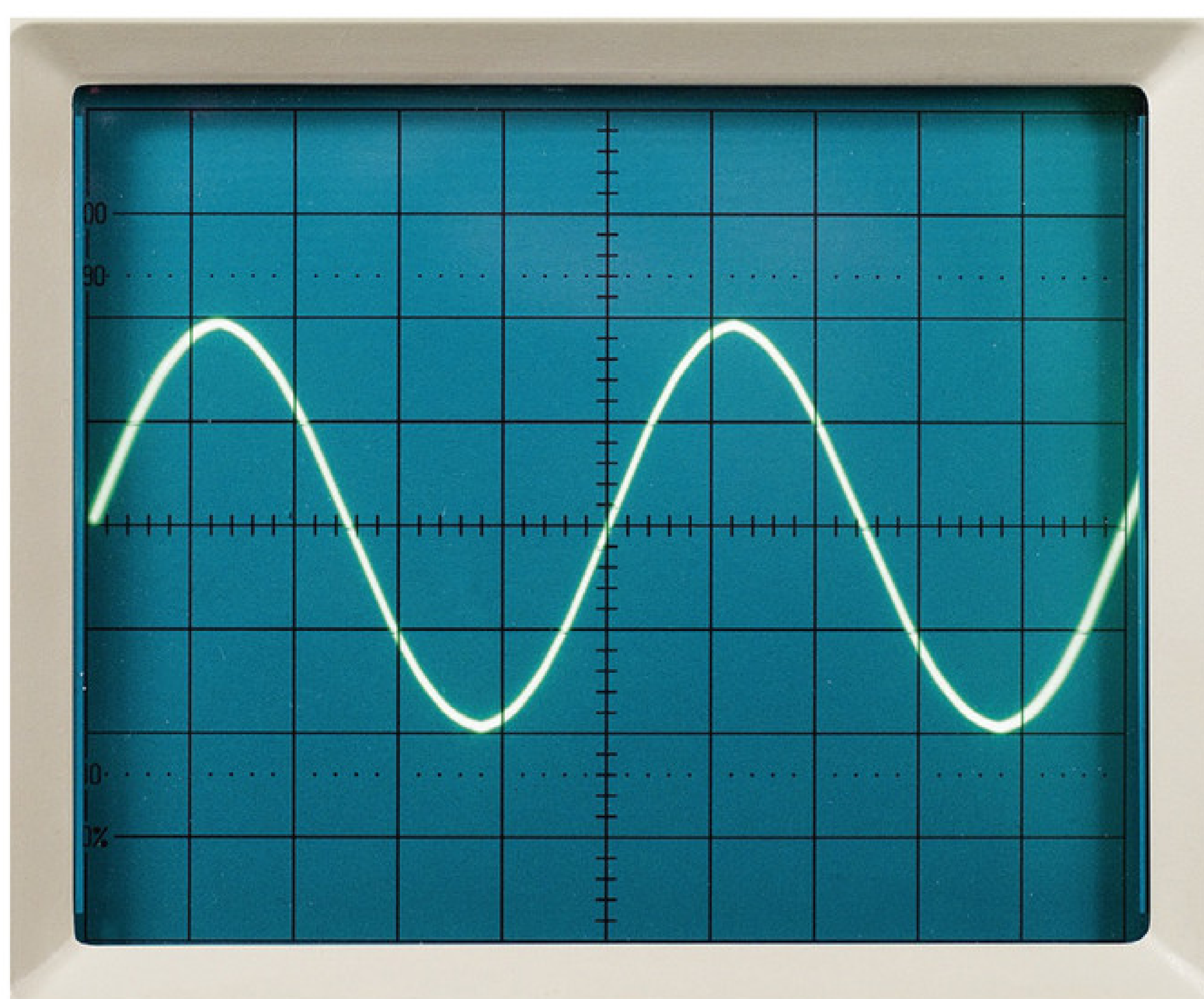
Met een oscilloscoop kun je de frequentie van een toon bepalen. Daarvoor moet je een microfoon aansluiten op de ingang van de oscilloscoop. Op het scherm verschijnt dan een afbeelding van de geluidstrilling.

De tijdbasis

Het scherm van de oscilloscoop is verdeeld in vakjes. Langs de horizontale as is de tijd uitgezet. Als één vakje 2 milliseconden breed is, zeg je dat de tijdbasis op 2 milliseconden per onderverdeling (2 ms/div) staat ingesteld. Je kunt de tijdbasis zelf instellen op de oscilloscoop.

De tijdbasis instellen

- Soms zijn er te veel trillingen op het scherm te zien. Stel de tijdbasis dan in op een kleinere waarde.
- Soms is er maar een klein stukje van één trilling te zien. Stel de tijdbasis dan in op een grotere waarde.
- De tijdbasis is goed ingesteld als er enkele trillingen op het scherm te zien zijn. Je kunt dan goed op het scherm aflezen hoeveel tijd voor één trilling nodig is (figuur 11).



figuur 11 Het oscilloscoopbeeld van een trilling.

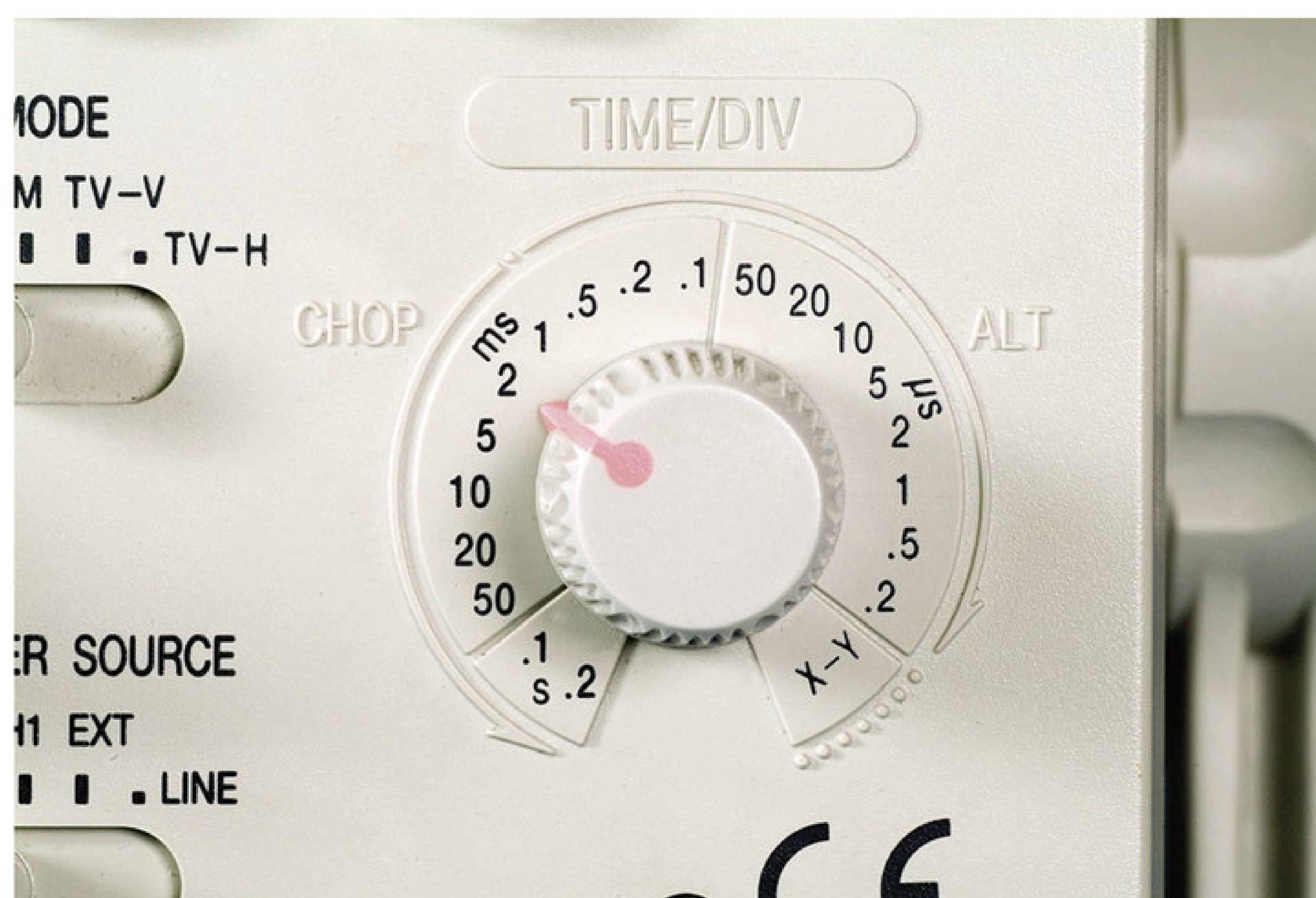
VOORBEELDOPDRACHT

De tijdbasis van de oscilloscoop in figuur 11 is ingesteld op 2 ms/div (2 milliseconden per onderverdeling).
Bereken hoe groot de frequentie van de afgebeelde trilling is.

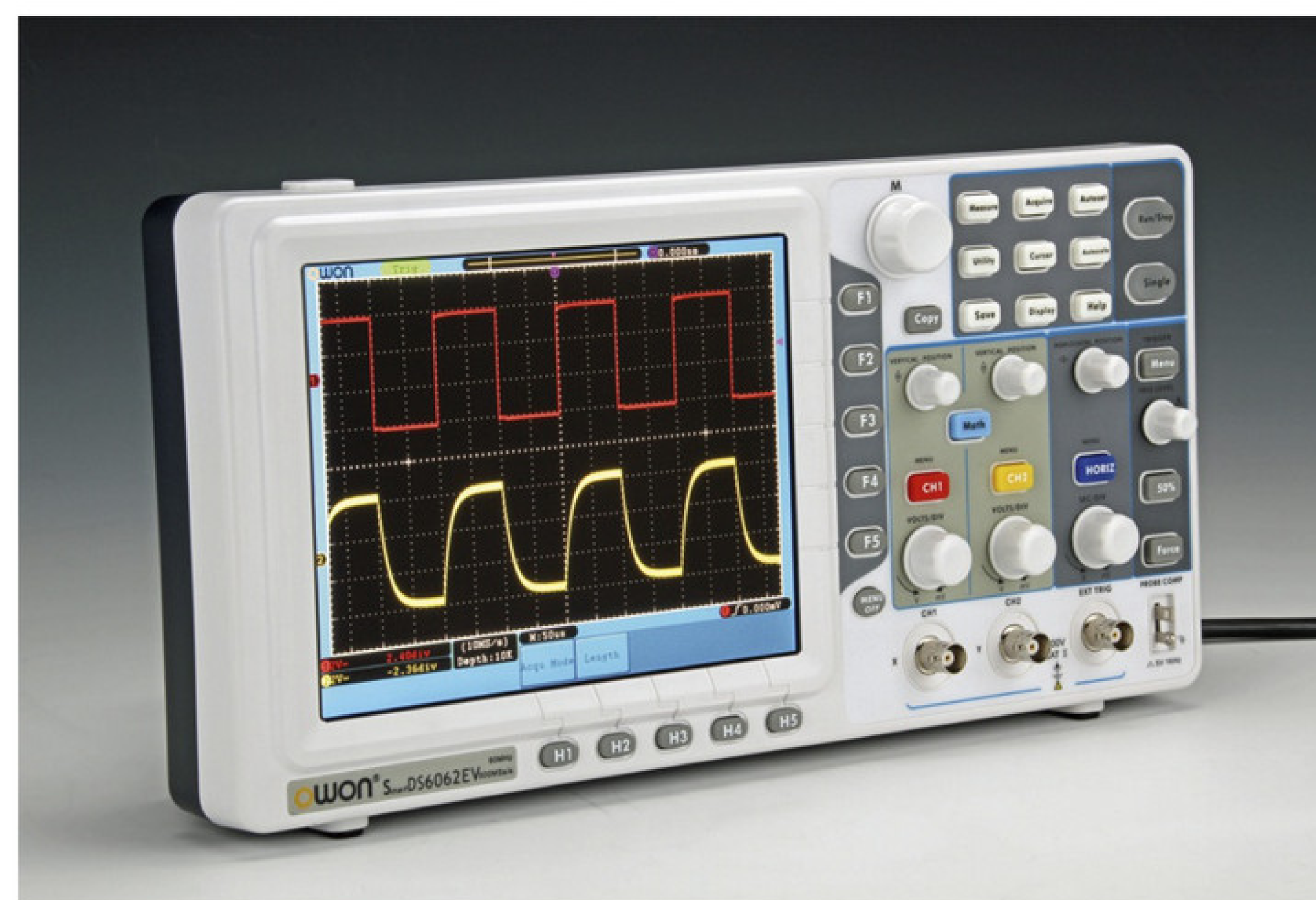
Je ziet dat één volledige trilling vijf vakjes beslaat.
$T = 5 \times 2 \text{ ms} = 10 \text{ ms} = 0{,}01 \text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ Hz}$$

Bij een analoge oscilloscoop stel je de tijdbasis in met een draaiknop (figuur 12). Bij een digitale oscilloscoop kun je de tijdbasis ook zelf instellen, of met een druk op de autoset-knop de oscilloscoop de ideale tijdbasis laten zoeken (figuur 13).



figuur 12 De tijdbasis van een oscilloscoop.



figuur 13 Een digitale oscilloscoop.

12 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde moet je af en toe berekeningen maken. Je moet daarbij duidelijk laten zien hoe je aan het antwoord komt.

Werk een berekening daarom als volgt uit:

Stap 1 **Schrijf de gegevens volledig op.**

Stap 2 **Noteer wat gevraagd wordt.**

Stap 3 **Noteer de formule in de juiste vorm.**

Je schrijft de formule voor het vermogen P:

- als $P = U \cdot I$ om het vermogen P te berekenen.
- als $U = \frac{P}{I}$ om de spanning U te berekenen.
- als $I = \frac{P}{U}$ om de stroomsterkte I te berekenen.

Stap 4 **Vul de gegevens in.**

Stap 5 **Noteer het antwoord: een getal, gevolgd door een eenheid.**

Rond de uitkomst af, als je antwoord anders te veel cijfers krijgt. Een bruikbare vuistregel is dat je antwoord evenveel of maximaal één cijfer meer heeft als het gegeven met het kleinst aantal cijfers.

VOORBEELDOPDRACHT
Een metalen cilinder heeft een massa van 196 g en een volume van 22 cm^3.
Bereken de dichtheid van de stof waarvan het cilindertje gemaakt is.
Om welke stof zou het kunnen gaan?

gegevens m = 196 g
V = 22 cm^3

gevraagd ρ = ?

uitwerking $\rho = \frac{m}{V} = \frac{196}{22} = 8{,}9 \text{ g/cm}^3$

Het cilindertje zou van koper gemaakt kunnen zijn. Zie tabel 1 De dichtheid van enkele stoffen (bij 20 °C) in paragraaf 4 van hoofdstuk 2.

13 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag: *Wat is het verband tussen de temperatuur van water in een bekerglas en de tijd dat het water wordt verwarmd?*

Deze vraag gaat over het verband tussen de tijd en de temperatuur. Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je verwarmt het water met een brander. Om de minuut lees je de temperatuur van het water af op een thermometer. De meetresultaten noteer je in een tabel (zie figuur 14a). Na afloop geef je de meetresultaten weer in een grafiek.
Zo'n grafiek maak je als volgt (zie figuur 14b, c en d):

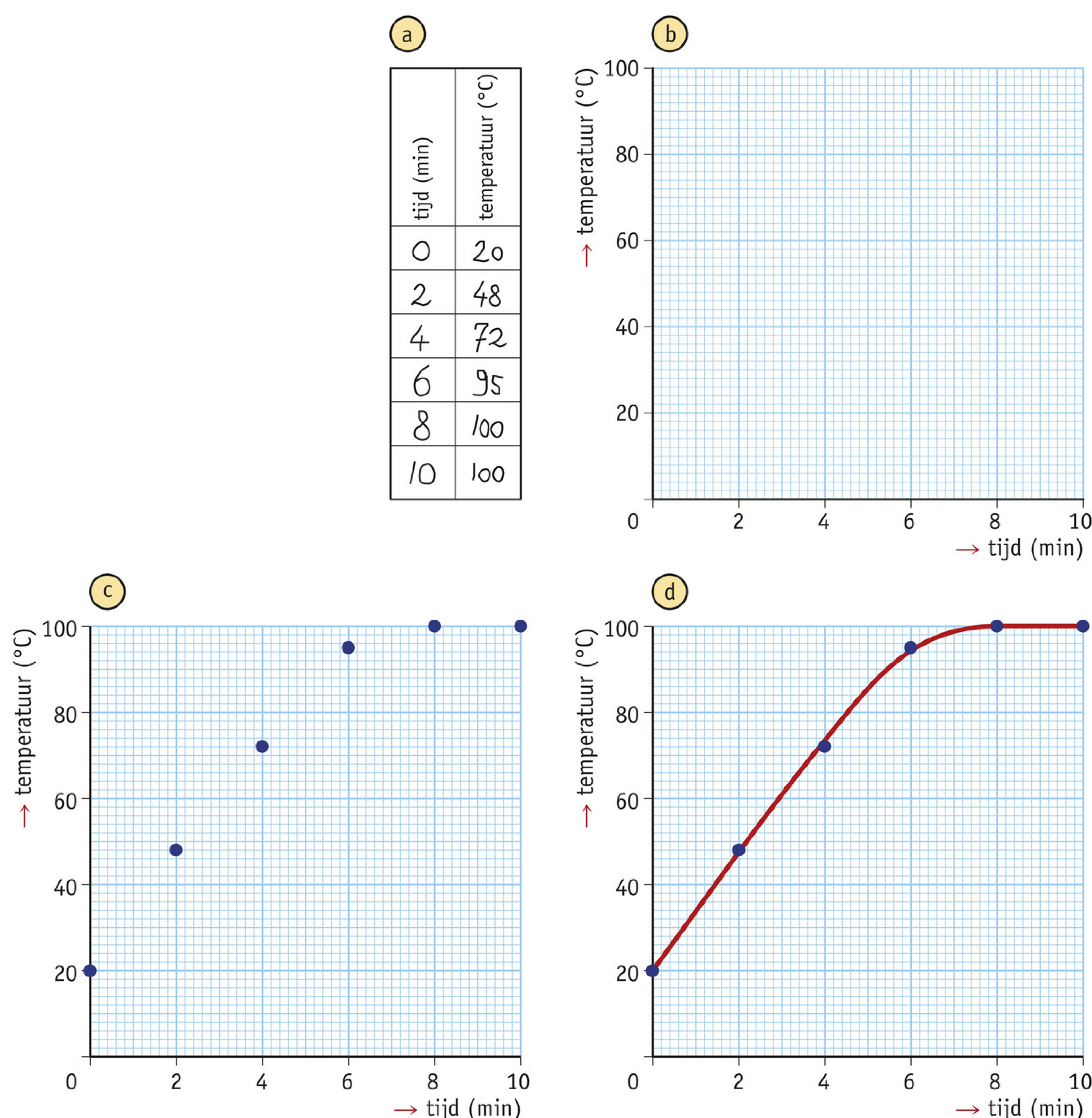
Stap 1 **Teken een assenstelsel.**

Stap 2 **Zet bij elke as een grootheid, met de bijbehorende eenheid.**
Bijvoorbeeld: tijd (min) en temperatuur (°C).

Stap 3 **Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling.**

Stap 4 **Teken de meetresultaten in als punten.**

Stap 5 **Teken een rechte lijn of een vloeiende kromme die zo goed mogelijk bij de punten aansluit. Je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden.**
Het geeft dus niet dat de rechte lijn of kromme niet precies door alle meetpunten loopt.



tijd (min)	temperatuur (°C)
0	20
2	48
4	72
6	95
8	100
10	100

figuur 14 Van tabel naar grafiek.

14 Een verslag schrijven

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij geweest is, moet precies kunnen begrijpen wat er allemaal is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een practicumproef of een thuisopdracht.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je: de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de klas, de naam van je docent, de datum en het jaartal.

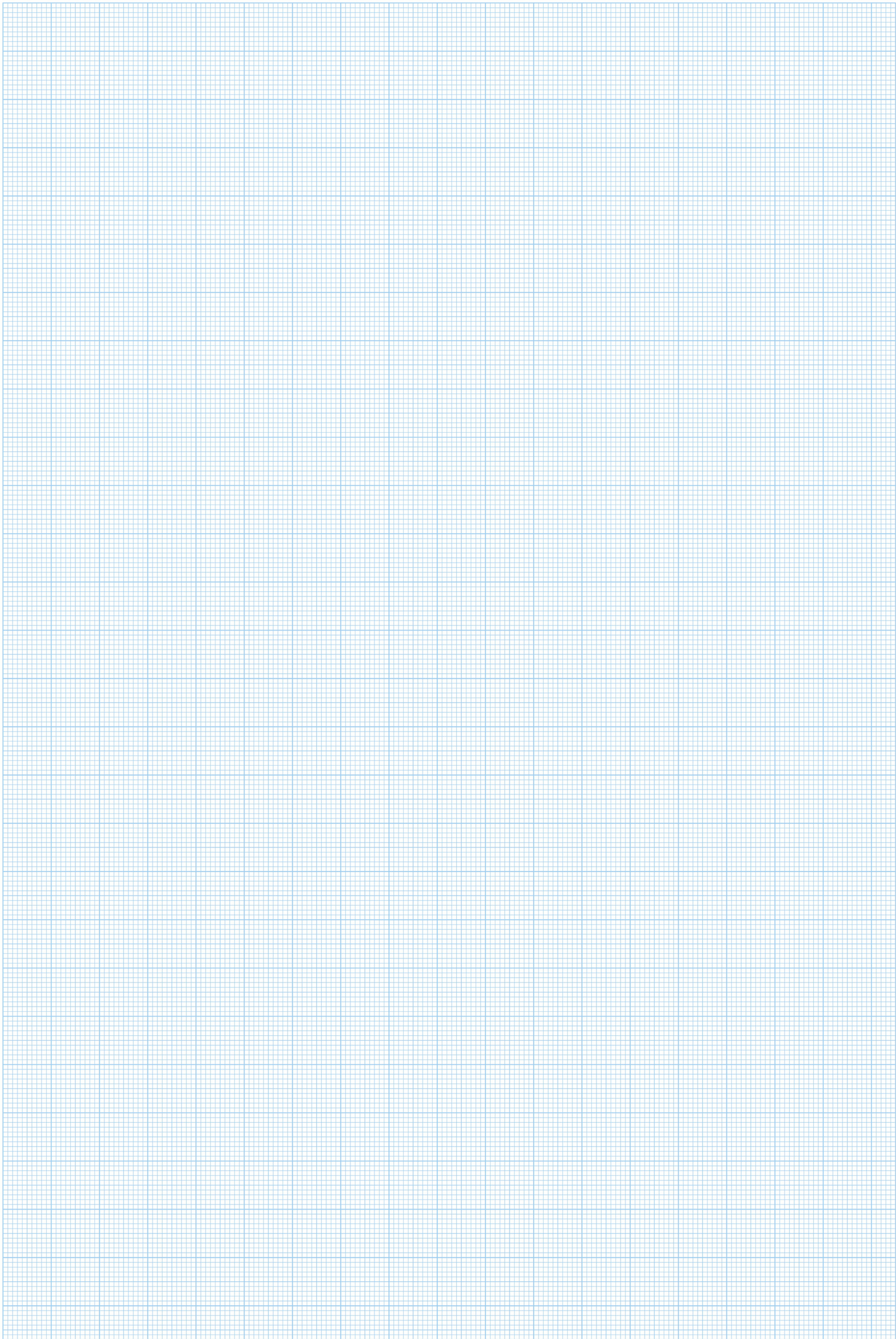
§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van tekst, tabellen, grafieken, foto's en dergelijke.

§ 4 Conclusie
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren.





Register

Achter elk begrip staat de pagina waarop het begrip in de leertekst wordt uitgelegd en de pagina waarop het begrip in het Leerstofoverzicht staat

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEURS
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

EINDREDACTIE
S. Michon

TECHNISCH TEKENWERK
Erik Eshuis Infographics, Groningen, Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam,
Daliz Research, Den Haag

BEELDVERANTWOORDING
123RF/costasz: Pag. 46 (o.); 123RF/macrovector: Pag. 97 (b.); 123RF/Vladimir Soldatov: Pag. 130/131; Alamy/Imageselect/INTERFOTO: Pag. 145 (r.b.); ANP Foto/Huisman Media: Pag. 16; ANP Foto/Science Photo Library/Scientifica/Visuals Unlimited: Pag. 97 (o.); ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 12; ANP/Brenton Edwards: Pag. 176 (o.); ANP/Lex van Lieshout: Pag. 62; Arizona Board of Regents All Rights Reserved, Arizona State University/Arizona Board of Regents All Rights Reserved, Arizona State University: Pag. 48; Bounce Pro/Sports Power/Bounce Pro/Sports Power: Pag. 11 (o.); Cobis Images/Getty Images/Jim Xu: Pag. 74 (o.), 75; Corbis/Getty/Vincon/Klein/plainpicture/RF: Pag. 107 (o.); Creative Commons/Jorrit Lousberg: Pag. 176 (b.), 177, 178; Daliz: Pag. 163 (m.); Depositophoto, San Francisco: Pag. 189; Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 92, 93 (b.), 95 (r.), 95 (l.), 100, 101 (o.), 105, 108, 113, 116, 123 (b.), 125;Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 13, 19 (b.), 20 (o.), 22, 23 (m.), 25, 26, 30, 60 (o.), 86 (b.), 132, 133 (o.), 135 (b.), 136, 141, 142 (l.b.), 142 (o.), 147 (o.), 148 (b.), 149 (b.), 151, 152 (b.), 152 (b.), 152 (o.), 153 (l.b.), 153 (r.b.), 153 (o.), 154, 159, 162 (b.), 163 (o.), 164, 165, 166, 182; Eurofysica: Pag. 197 (r.); Getty Images/Kraft Angerer: Pag. 123 (o.); Getty Images/Science Photo Library RF: Pag. 43 (l.b.); Hollandse Hoogte/Bert Van den Broucke - Philip Reynaers: Pag. 144; Hollandse Hoogte/EyeEm Mobile GmbH/Karol Wjcik: Pag. 34/35; Hollandse Hoogte/Joyce van Belkom: Pag. 186; Hollandse Hoogte/Richard Brocken: Pag. 36 (b.); Hollandse Hoogte/Sven Torfinn/Panos Pictures: Pag. 163 (b.); Hollandse Hoogte/Wim Oskam: Pag. 88 (b.); Jacob Breimer, Zeeland NB: Pag. 46 (b.), 147 (l.b.), 147 (r.b.), 147 (m.), 184;

Joost Grol Fotografie, Dieren: Pag. 38 (b.); Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 15, 49 (r.), 106, 107 (b.), 112, 137 (l.b.), 137 (r.b.), 137 (o.); Nationale Beeldbank/Henriette Veld: Pag. 21 (l.); Philips, Eindhoven: Pag. 158; Pim Rusch Fotografie, Leiden: Pag. 155, 192, 193, 194, 197 (l.); Pim Rusch Fotografie, Leiden/Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 195; Science & Society Picture Library/Getty Images: Pag. 145 (l.b.); SCIENCE PHOTO LIBRARY/ANP/CAPE GRIM B.A.P.S./ SIMON FRASER: Pag. 93 (o.); SCIENCE PHOTO LIBRARY/ANP/ KENNETH LIBBRECHT: Pag. 87 (l.b.), 87 (m.b.), 87 (r.b.); Shutterstock: Pag. 43 (r.b.), 74 (b.), 196; Shutterstock/ Africa Studio: Pag. 41; Shutterstock/Africa Studio: Pag. 44; Shutterstock/Aleksandr Trubitsyn: Pag. 90; Shutterstock/ ALPA PROD: Pag. 143 (o.); Shutterstock/Anton Zh: Pag. 20 (r.b.); Shutterstock/ArtOfPhotos: Pag. 87 (r.o.); Shutterstock/ Bjoern Wylezich: Pag. 17; Shutterstock/Buquet Christophe: Pag. 59; Shutterstock/Carlos Caetano: Pag. 63; Shutterstock/ ChiccoDodiFC: Pag. 160 (b.); Shutterstock/CL-Medien: Pag. 11 (l.b.); Shutterstock/dafne: Pag. 86 (o.); Shutterstock/Daniel Ouellette: Pag. 11 (r.b.); Shutterstock/Dark Moon Pictures: Pag. 85 (b.); Shutterstock/dlbiuniephotography: Pag. 8 (l.o.); Shutterstock/Everett Collection: Pag. 9 (b.); Shutterstock/ Food Impressions: Pag. 14; Shutterstock/FrankDeBonis: Pag. 99; Shutterstock/In Green: Pag. 43 (m.b.); Shutterstock/Keith Goldstein: Pag. 124; Shutterstock/kuzmaphoto: Pag. 82/83; Shutterstock/makuromi: Pag. 20 (l.b.); Shutterstock/Marc Bruxelle: Pag. 10 (l.b.); Shutterstock/matej_z: Pag. 142 (r.b.); Shutterstock/naramit: Pag. 8.(r.o.); Shutterstock/NEiDD: Pag. 102 (b.); Shutterstock/Oleksiy Mark: Pag. 161; Shutterstock/ OSORIOartist: Pag. 94; Shutterstock/Petrychenko Anton: Pag. 10.(r.b.); Shutterstock/Pisitwasu: Pag. 21 (r.); Shutterstock/ Rawpixel.com: Pag. 6/7; Shutterstock/Remi Cauzid: Pag. 87 (l.o.); Shutterstock/Robsonphoto: Pag. 85 (o.); Shutterstock/ Romolo Tavani: Pag. 102 (o.); Shutterstock/Sergii Chernov: Pag. 150 (o.); Shutterstock/Slavun: Pag. 8 (m.o.); Shutterstock/Stacey Ann Alberts: Pag. 89; Shutterstock/ Steve Ellis: Pag. 45; Shutterstock/Tushchakorn: Pag. 9 (o.); Shutterstock/URAIWONS: Pag. 36 (o.); Shutterstock/ VadimZosimov/Shutterstock/tanuha2001/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem/: Pag. 98; Shutterstock/Wojtek Chmielewski: Pag. 122; Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam: Pag. 49 (l.);

Omslag

RooM the Agency/Alamy Stock Photo/Imageselect

ISBN 978 94 020 6897 9

Release 2021, eerste oplage

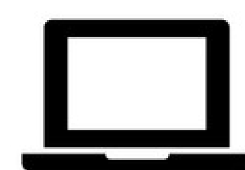
MALMBERG



Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.



Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.



Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

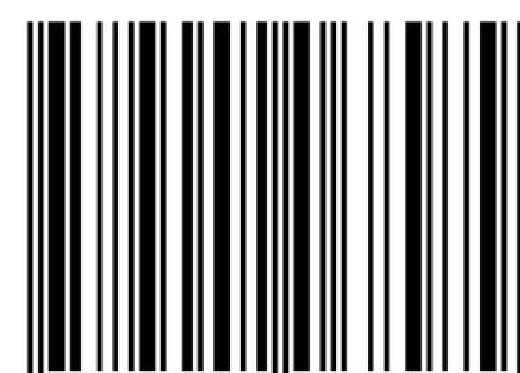
AUTEURS

R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

EINDREDACTIE

S. Michon

ISBN 978 94 020 6897 9



596157

MALMBERG